

STUDIEN ZUR NA-TOLERANZ
VON MASTLÄMMERN

Konrad Renner

1981

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie
und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter Leitung von Prof. Dr. J. Gropp

STUDIEN ZUR NA-TOLERANZ VON MASTLÄMMERN

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität
München

von

Konrad Renner

aus

München



Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen
Fakultät der Universität München

Dekan: Prof. Dr. J. von Sandersleben

Referent: Prof. Dr. J. Gropp

Korreferent: Prof. Dr. G. Dirksen

Tag der Promotion: 24. Juli 1981



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. LITERATURÜBERSICHT	3
2.1. Natrium und Kalium	3
2.1.1. Stoffwechsel	3
2.1.2. Natrium-Kalium-Toleranz des Schafes	8
2.1.3. Natrium-Kalium-Toleranz des Rindes	12
2.1.3.1. Wiederkäuendes Rind	12
2.1.3.2. Funktionell monogastrisches Rind (Mastkalb)	13
2.2. Saure Milchaustausch-Tränke	20
3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	24
3.1. Material und Methoden	24
3.1.1. Allgemeines	24
3.1.1.1. Versuchstiere	24
3.1.1.2. Haltung der Versuchstiere	25
3.1.1.3. Fütterung der Versuchstiere	26
3.1.1.4. Versuchsdurchführung	27
3.1.1.5. Analytische Methoden	29
3.1.2. Versuch I	33
3.1.2.1. Vorperiode	33
3.1.2.2. Versuchsanlage	34
3.1.2.3. Fütterung	37
3.1.2.4. Versuchsverlauf	41
3.1.3. Versuch II	42
3.1.3.1. Vorperiode	42
3.1.3.2. Versuchsanlage	43
3.1.3.3. Fütterung	45
3.1.3.4. Versuchsverlauf	48
3.1.4. Versuchsauswertung	50
3.2. Ergebnisse	52
3.2.1. Versuch I	52
3.2.1.1. Gewichtsentwicklung	52
3.2.1.2. Elektrolytkonzentrationen im Blutplasma	54
3.2.1.3. Faecale Na- K- und Wasser-Ausscheidung	64
3.2.1.4. Renale Elektrolytausscheidung und pH-Werte im Harn	66

	Seite
3.2.2. Versuch II	73
3.2.2.1. Gewichtsentwicklung	73
3.2.2.2. Elektrolytkonzentrationen im Blutplasma	75
3.2.2.3. Faecale Na- K- und Wasser-Ausscheidung	85
3.2.2.4. Renale Elektrolytausscheidung und pH-Werte im Harn	88
4. DISKUSSION	94
4.1. Normbereiche der Blutplasma-Konzentration von Natrium, Kalium, Chlorid, Phosphor und Calcium	94
4.2. Na-Toleranz	99
4.2.1. Anzeichen der Na-Intoxikation	101
4.2.2. Na-Zufuhr und Hypernatriämie	103
4.2.3. Einfluß von Kalium auf die Na-Toleranz	105
4.2.4. Einfluß von Phosphor auf die Na-Toleranz	106
4.2.5. Verhalten anderer Plasmaelektrolyte bei Hypernatriämie	107
4.2.6. Na-Toleranz Grenze	108
5. ZUSAMMENFASSUNG	109
6. SUMMARY	112
LITERATURVERZEICHNIS	114
ANHANG	121
LEBENS LAUF	

1. EINLEITUNG

Die Natrium-Toleranz bzw. die chronische Natrium-Toxizität bei Tieren ist in der Regel von der Möglichkeit zur gleichzeitigen Wasseraufnahme abhängig. Schon relativ niedrige Mengen an Natrium werden bei geringem Wasserangebot schlecht vertragen, da zur Ausscheidung von Natrium, das im Magen-Darmkanal resorbiert wurde, entsprechend der Konzentrationsfähigkeit der Nieren mehr oder weniger große Wassermengen benötigt werden.

Es überrascht deshalb nicht besonders, daß das Mastkalb durch eine verhältnismäßig kleine Na-Toleranz auffällt (BOEHNCKE et al., 1976), da über die Milchaustausch-Tränke Nährstoffe und Wasser gemeinsam verabreicht werden und eine gesonderte Wasserversorgung in der Regel entfällt.

Aus eingehenden Untersuchungen von GROPP et al. (1978) ging schließlich hervor, daß Na- und/oder K-Übersorgung zu Hypernatriämie führen können. Tolerierbare Na- und K-Konzentrationen für Milchaustauschfutter können deshalb nur schwer angegeben werden; sie stehen zueinander in Abhängigkeit und sind zweitens von mehr oder minder stallspezifischem Tränkregime abhängig.

Für Stalltemperaturen, die 20° C auf Dauer nicht wesentlich überschreiten, geben GROPP et al. (1978) eine maximale Na-K-Konzentration in der Tränke als Toleranzgrenze an. Dieser Schwellenwert liegt bei 0,32 "‰" Na+K, wobei wegen der isosmotischen Berücksichtigung beider Elektrolyte die K-Konzentration erst nach Multiplikation mit 0,588 in die Addition eingeht.

Tränkkonzentrationen unter 200 g/l gefährden jedoch die Wirtschaftlichkeit der Kälbermast, da die zur Erreichung der erwünschten Nährstoffzufuhr notwendigen Tränkemengen kaum mehr quantitativ aufgenommen werden. GROPP et al. (1978) bezeichnen deshalb die Na- und K-Konzentration im Milchaustauschfutter als Qualitätskriterium.

Bei der Lämmermast in sog. "Lamm-Bars" wird das Futterregime anders als in der Kälbermast gestaltet. Neben der Milchaustausch-Tränke werden den Lämmern Wasser, Heu und Kraftfutter zur Aufnahme ad libitum angeboten. In den ersten Lebenstagen nehmen die Lämmer jedoch bevorzugt Milchaustausch-Tränke auf, so daß zumindest temporär annähernd gleiche Bedingungen wie in der Kälbermast vorliegen. Schließlich kann das heutige Fütterungsregime nicht für längere Zeit als gültig angenommen werden; bei sich ändernden wirtschaftlichen Voraussetzungen könnte auch eine langfristige ausschließliche Versorgung mit Milchaustauschfutter zum Regelfall werden.

Darüber hinaus interessieren tierartliche Unterschiede zwischen Kalb und Lamm bei gleichen Ernährungsbedingungen.

Im Rahmen von 2 getrennten Versuchen sollte geprüft werden, ob ausschließlich über eine Milchaustausch-Tränke versorgte Lämmer sich bezüglich der Elektrolyt (Natrium)-Toleranz ähnlich wie Mastkälber verhalten.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Natrium und Kalium

Den Ausführungen zur Na-Toleranz von Schafen werden des besseren Verständnisses wegen grundsätzliche Bemerkungen zum Natrium- und Kalium-Haushalt vorangestellt. Auf eine umfassende Darstellung des Natrium- und Kalium-Stoffwechsels wird im folgenden verzichtet zugunsten einer Besprechung der Besonderheiten im Natrium- und Kalium-Haushalt von Rind und Schaf.

2.1.1. Stoffwechsel

Aus Ganzkörperanalysen von SCHULZ et al. (1974) geht hervor, daß der Körper von Mastbullen ca. 1 g Na und 1,7 g K pro kg Lebendmasse enthält. Die prozentuale Verteilung des Gesamtkörper-Natriums und -Kaliums ist der folgenden Übersicht zu entnehmen.

Körperfraktion	% des Gesamtkörper -Natriums	% des Gesamtkörper -Kaliums
Knochen	34,6	4,8
Muskulatur	24,3	74,7
Innereien	2,9	5,3
Fettgewebe	5,6	3,3
Haut	14,2	4,8
Blut	11,8	1,3

Die resorbierten Na-Ionen verteilen sich vorwiegend auf den extrazellulären (intravasalen und interstitiellen) Flüssigkeitsraum, während der größte Teil der K-Ionen nach Überwindung der Zellmembranen in den intrazellulären Flüssigkeitsraum gelangt. Die Na- und K-Konzentrationen in Blutplasma und Zwischenzellflüssigkeit sind praktisch gleich, da die Gefäßwand für Na^+ und K^+ permeabel ist.

WERK und ROSENBERGER (1969) ermittelten in 65 verschiedenen Blutproben von 5 Milchkühen durchschnittliche Konzentrationen von 141 mmol Na/l und 4,2 mmol K/l. Na^+ macht demnach ca. 90 % aller Kationen im extrazellulären Flüssigkeitsraum aus.

In der intrazellulären Flüssigkeit (30 - 40 % des Körpergewichtes) hat Kalium mit 140 - 150 mmol/l einen Anteil von etwa 70 - 75 % an den Gesamt-Kationen. Die Na-Konzentration in der Zelle ist dagegen relativ niedrig und beträgt (HARPER et al., 1975) 10 bis maximal 35 mmol/l (ULLRICH, 1967).

Natrium und Kalium werden bei Schaf und Rind im gesamten Gastrointestinal-Trakt resorbiert. Die Na-Resorption ist positiv mit der Wasser-, Cl^- , sowie HCO_3^- -Resorption korreliert. Nach v. ENGELHARDT und HAUFFE (1975) wird bei Wiederkäuern Natrium auch aus Pansen und Blättermagen resorbiert. Sie wiesen nach, daß bei Schafen im Blättermagen ca. 26 % des eingetretenen Natriums resorbiert werden. Eine verstärkte Natrium- und Wasser-Resorption erfolgt nochmals im Dickdarm, wodurch auch die endgültige Na- und Wasser-Konzentration des Kotes und damit die Kot-Na-Ausscheidung eingestellt wird. Diese Na-Dickdarm-Resorption wird durch das NNR-Hormon Aldosteron gesteuert, worauf später eingegangen wird. Kalium wird dagegen nach PFEFFER (1968) hauptsächlich im Dünndarm resorbiert.

Sowohl für Natrium als auch für Kalium ist ein aktiver Resorptionsmechanismus nachgewiesen. Im Gastrointestinal-Trakt werden Natrium und Kalium nicht nur resorbiert, sondern auch in das Lumen des Verdauungstraktes hinein ausgeschieden. Dabei spricht man von "Sekretion", unabhängig davon, ob die Mineralstoffe mit den Sekreten der Verdauungsdrüsen oder auf dem Blutwege über das Darmepithel in den Magen-Darmkanal gelangen. PFEFFER (1968) spricht bei Überwiegen der Resorption an einer Stelle des Gastrointestinal-Traktes von "Netto-Resorption" und im umgekehrten Falle von "Netto-Sekretion". Bei Rindern und Schafen wurde die stärkste Netto-Resorption von Natrium im Dickdarm und von Kalium im Dünndarm gefunden. Die Resorptionsquote, d. h. die resorbierte Mineralstoffmenge in Prozent der Aufnahme, liegt für Natrium zwischen 90 und 100 % und für Kalium bei ca. 95 % (BECKER, 1970; GÜNTHER, 1970 und PAQUAY et al., 1969).

DOBSON (1959) errechnet, daß bei einem mit Natrium ausreichend ernährten Schaf das Natrium aus dem Futter nur etwa 5 % der gesamten Natriummenge ausmacht, die täglich in den Magen-Darmkanal gelangt. Dies hängt in erster Linie damit zusammen, daß ein Großteil der in den Verdauungstrakt gelangenden Na-Ionen aus dem Speichel stammt.

Beim Rind zirkulieren bei normalen Speichel-Konzentrationen von ca. 3,3 g Na/l und 0,3 g K/l in diesem Darm-Blut-Speichel-Kreislauf bei einer Speichelproduktion von 100 - 150 l, bis zu 500 g Na und 45 g K täglich. Bei ausgeglichener Na-Versorgungslage gelangen bei einer Kuh mit ca. 500 kg Lebendmasse 30 g Na über das Futter sowie 450 g Na über den Speichel (bei 150 l Speichel) täglich in den Magen-Darmkanal. Von diesen 480 g Na werden 479,5 g Na/Tag resorbiert und 7,5 g Na/Tag in das Lumen des Magen-Darmtraktes endogen sezerniert.

Untersuchungen von KEMP (1968) ergaben, daß bei Na-Unterversorgung (0,05 % Na in der Futter-Trockensubstanz) die Na-Konzentration im Speichel auf Werte von ca. 1 g Na/l absinkt und die K-Konzentration bis auf 3,5 g K/l ansteigt. Die Verschiebung des Na/K-Verhältnisses im Speichel wird durch eine Steigerung der Aldosteron-Sekretion verursacht (Na-Sparmechanismus). Die Regulation der Na- und K-Konzentrationen im Speichel wird nach ähnlichen Mechanismen wie in der Niere gesteuert (THAYSEN und TARDING, 1974): entsprechend der Na-Versorgungslage wird mehr oder weniger Na aus dem Speichel rückresorbiert.

Die Na- und K-Konzentrationen im Blutplasma des Rindes werden, wie bereits weiter vorne angeführt, mit 141 mmol Na/l und 4,2 mmol K/l angegeben (WERK und ROSENBERGER, 1969). Untersuchungen von GROPP et al. (1978) am Mastkalb ergaben, daß der physiologische Bereich der Na-Konzentration im Blutplasma von 135 bis maximal 150 mmol/l reicht bei Mittelwerten von 142 - 145 mmol/l. Als physiologische Spannweite der K-Konzentration im Blutplasma nennen sie 4,2 - 5,0 mmol/l bei Mittelwerten von 4,6 - 4,8 mmol/l.

In Süd-Afrika ermittelte CLARK (1959) in 500 Blutplasma-proben, die von 70 Merino-Schafen zwischen Mai und November gewonnen wurden, eine durchschnittliche Konzentration von 144 mmol Na/l mit Extremwerten von 132 - 156 mmol Na/l. In denselben Plasmaproben maß er eine durchschnittliche Konzentration von 4,8 mmol K/l mit Extremwerten von 3,8 - 6,0 mmol K/l. VASKOV et al. (1965 - 66) stellten eine saisonale Veränderung der Na-Konzentration im Blutplasma von Schafen fest und ermittelten den höchsten Wert von 163 mmol/l im April, die niedrigsten Konzentrationen im Juni und Januar mit 140 und 144 mmol Na/l. Im Gegensatz dazu blieben die K-Konzentrationen im Plasma mit Werten von 4,77 - 4,85 mmol K/l gemessen über das ganze Jahr relativ konstant.

WIDDOWSON und DICKERSON (1964) schließlich maßen durchschnittliche Na- und K-Konzentrationen im Blutplasma von Schafen von 148 mmol Na/l und 4,5 mmol K/l.

Das wichtigste Regulationsorgan zur Aufrechterhaltung der Isoionie in der extrazellulären Flüssigkeit ist die Niere. Die renale Elektrolytausscheidung soll an dieser Stelle nur kurz umrissen werden. Der Umfang der renalen Na- und K-Ausscheidung wird zunächst von der glomerulären Filtration und anschließend von tubulären Transportvorgängen, nämlich Rückresorption (Na, K) und Sekretion (K) bestimmt.

Im proximalen Tubulusbereich werden etwa 60 %, im distalen Tubulusbereich ca. 37 bis nahezu 40 % des glomerulär filtrierten Natriums rückresorbiert. Die Na-Rückresorptionsrate im distalen Tubulus ist im Gegensatz zu derjenigen im proximalen Tubulus von der Versorgungslage des Organismus abhängig. Zur Homöostase der Na-Konzentration im Blutplasma wird bei der Na-Übersorgung vermehrt Na über den Harn ausgeschieden, während bei Na-Unterversorgung die renale Na-Rückresorption gesteigert wird. Die Steuerung dieser Transportvorgänge erfolgt maßgeblich durch das NNR-Hormon Aldosteron (Na-Sparmechanismus), dessen Sekretion durch mehrere Faktoren wie Na- (und K-) Spiegel im Blutplasma, Hormone der Niere, der Adenohypophyse geregelt wird.

Der Großteil an Kalium (ca. 75 %) wird im proximalen Tubulusbereich rückresorbiert, während im distalen Tubulusbereich entsprechend der Versorgungslage des Wiederkäuers (erheblicher Kaliumüberschuß) Kalium in mehr oder weniger großem Umfang sezerniert wird.

Durch die Wirkung von Aldosteron wird jedoch nicht nur die renale Elektrolytausscheidung, sondern auch die Na- und K-Ausscheidung über den Speichel (s. o.) sowie der Umfang

der Na-Resorption im Dickdarm mitbestimmt.

Als Regulationsorgan für den Na-Haushalt spielt der Dickdarm jedoch nur beim Wiederkäuer eine maßgebliche Rolle.

Beim funktionell monogastrischen, milchernährten Kalb hat dieser Regulationsmechanismus nur geringe Bedeutung. Die Ursache wird in der geringen Kot- und Kotwasserausscheidung des Mastkalbes gesehen. Nach GROPP und ADAM (1978) werden allenfalls 2 % der Na-Aufnahme über den Kot ausgeschieden. Die faecale K-Ausscheidung liegt etwa in der selben Größenordnung mit Maximalwerten von ca. 4 %.

Bei Diarrhoe kann die faecale Na-Ausscheidung von milchernährten Kälbern jedoch um den Faktor 11 ansteigen (BLAXTER und WOOD, 1953).

2.1.2. Natrium-Kalium-Toleranz des Schafes

Die meisten Publikationen über die Natrium-Kalium-Toleranz des Schafes stammen von australischen Wissenschaftlern. MEYER und WEIR (1954) beobachteten an 40 weiblichen Schafen deren Reaktion auf hohe Salzgaben im Futter (0,2; 1,9; 3,6 bzw. 5,2 % Na, als NaCl) über 253 Tage. Bei heranwachsenden und graviden Schafen waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen erkennbar. Der Gewichtsverlust während der Laktation war jedoch bei Schafen mit 5,2 % Na im Futter signifikant höher. In der Milchezusammensetzung dieser Gruppe war lediglich ein Anstieg des Milch-Chlorids feststellbar. Unterschiede der Na-Konzentrationen im Blutplasma und der Hämatokritwerte konnten nicht ermittelt werden. Die Chlorid-Konzentration im Blutplasma war aber bei den Schafen mit 5,2 % Na im Futter erhöht.

In einem weiteren Versuch mit 4 Versuchsgruppen verabreichten MEYER et al. (1955) Rationen mit Gehalten von 0,3; 1,9; 3,8 bzw. 5,1 % Na (als NaCl). Trotz dieser hohen Salzaufnahmen konnte wiederum kein deutlicher Einfluß auf die durchschnittlichen Körpergewichtszunahmen und die Futterverwertung festgestellt werden. Auch die Hämatokrit-Werte der 4 Versuchsgruppen unterschieden sich nicht. Bei den Gruppen mit 3,8 und 5,1 % Na in der Ration konnten jedoch Erhöhungen der Nierengewichte nachgewiesen werden.

Von POTTER (1966, 1968) wurde beobachtet, daß Schafe hohe Salzaufnahmen über Futter oder Tränkwasser zunächst mit einer Steigerung der Wasseraufnahme sowie einer Erhöhung der renalen Na- und Cl-Ausscheidung und erst zuletzt mit einer Reduzierung der Futteraufnahme beantworten.

Auf diese Befunde bezieht sich die Definition der Kochsalz-Toleranz: NaCl-Mengen, welche noch keine Verzehrsdepression bewirken, gelten als toleriert.

Untersuchungen zur NaCl-Toleranz ergaben, daß Schafe in Abhängigkeit von der Art des Futters, der Aufnahmemöglichkeit von Wasser, der Gewöhnung (Adaption) an hohe Salzaufnahmen, sowie der individuellen Fähigkeit der Tiere zur NaCl-Regulation wenigstens 5 % NaCl (ca. 2 % Na) in der Futtertrockensubstanz tolerieren, wenn sie Wasser ad libitum aufnehmen können. Auch Konzentrationen von 1,3 % NaCl (ca. 0,52 % Na) im Trinkwasser werden von mit Rauhfutter versorgten Schafen noch toleriert, während Konzentrationen von 1,5 % bzw. 2 % NaCl (0,6 bzw. 0,8 % Na) im Trinkwasser zu einer Verminderung der Futteraufnahme führen (POTTER 1961, 1963; WILSON 1966, 1967, 1968; WILSON and DUDZINSKI 1973; PEIRCE 1966, 1968 a, 1968 b; MACFARLANE et al. 1967; TOMAS et al. 1973).

JACKSON et al. (1971) fütterten an insgesamt 125 Lämmer über 119 Tage 5 Versuchsrationen mit 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 bzw. 2,5 % Na (als NaCl) in der lufttrockenen Substanz. Unterschiede bezüglich der Futteraufnahme wurden nicht beobachtet. Lebendmasse-Gewicht (nach Nüchterung), Schlachtkörpergewicht sowie der Energiegehalt des Schlachtkörpers waren jedoch deutlich bei 2,5 % Na im Vergleich zur Kontrollgruppe (0,5 % Na im Futter) vermindert. Dadurch war in dieser Gruppe auch die Zunahme an Lebendmasse und Gesamtkörperenergie geringer.

Die nicht sehr exakte Definition der NaCl-Toleranz des Schafes sowie die Erkenntnisse, daß trotz "Tolerierung" hoher Salzkonzentration hohe NaCl-Gaben innerhalb des Toleranzbereiches beispielsweise die Gewichtszunahmen signifikant beeinflussen, werden auch in den relativ großen Unterschieden der Bedarfsangaben für Natrium bzw. NaCl reflektiert.

So empfiehlt das (U.S. amerikanische) N. R. C. (1968) für Lämmer mit einer Lebendmasse von 45 kg eine tägliche Gabe von 3,9 g Na, während nach den Angaben des (englischen) A. R. C. (1965) 1,1 g Na als ausreichend gelten.

MILLS (1969) dagegen gibt den Na-Bedarf mit nur 0,9 g/Tag an. Während JONES et al. (1967) betonen, daß 0,04 % Natrium im Futter nicht bedarfsdeckend sind, hält POPE (1971) diesen Prozentsatz bereits für bedarfsdeckend. MC CLYMONT et al. (1957) schließlich ermittelten, daß für heranwachsende Schafe eine tägliche Aufnahme von 1,2 g bis 2,6 g Na erforderlich sei.

Aus neueren Untersuchungen (HAGSTEN et al., 1975) wird geschlossen, daß der NaCl-Bedarf heranwachsender Lämmer mit 0,33 bis 0,43 % NaCl (0,13 bis 0,17 % Na) im lufttrockenen

Futter gedeckt ist. Als Versuchskriterium diente die Lebendmasse-Zunahme.

Jüngere Angaben des N. R. C. (1975) stehen hiermit in guter Übereinstimmung: als bedarfsdeckende NaCl (Na)-Konzentration im lufttrockenen Futter werden 0,4 % (0,16 %) aufgeführt.

Unterschiedliche Befunde existieren über Wechselbeziehungen zwischen Kalium und Natrium. Nach SUTTLE und FIELD (1967) sollen hohe Kalium-Gaben bei gleichzeitiger geringer Na-Versorgung (weites K : Na-Verhältnis) dem Körper zusätzlich Natrium entziehen. UNDERWOOD (1966) konnte selbst bei einem K : Na-Verhältnis im Futter von 50 : 1 keine derartige Beeinflussung feststellen.

Große Kaliumaufnahmen beantwortet der Organismus mit einer Steigerung der tubulären K-Sekretion. Im Übermaße aufgenommene Kaliummengen werden aber auch mit dem gehäuften Auftreten hypomagnesämischer Tetanien in Verbindung gebracht (BEAL et al., 1973).

Schließlich beobachteten JACKSON et al. (1971) in einem Versuch, in welchem Lämmern Kaliummengen entsprechend 0,5 bis 2,5 % der lufttrockenen Futtersubstanz gefüttert wurden, daß die Aufnahme von Rationen mit 2,0 und 2,5 % Kalium zu geringeren Zunahmen der Lebendmasse und der Körperenergie führen als in der Gruppe mit 0,5 % Kalium im Futter.

Die teils recht unterschiedlichen Angaben über Toleranz- bzw. Bedarfswerte für Natrium und Kalium, die sich aus den hier aufgeführten Publikationen ergeben, beziehen sich ausschließlich auf das wiederkäuende Schaf. Die Versuchsbedingungen sahen in allen Fällen die Möglichkeit der uneingeschränkten Wasseraufnahme vor.

2.1.3. Natrium-Kalium-Toleranz des Rindes

Wegen großer Unterschiede in der Na-Ausscheidung und -Toleranz zwischen wiederkäuendem und funktionell monogastrischem Rind werden die entsprechenden Befunde in getrennten Kapiteln aufgeführt.

2.1.3.1. Wiederkäuendes Rind

Eine den Bedarf zum Teil weit überschreitende Na-Aufnahme (in Form von NaCl) kann beispielsweise bei Rindern, die Meer- oder Brackwasser aufnehmen oder die bei Lecksucht im Übermaß mit NaCl versorgt werden, beobachtet werden. In den USA wird NaCl bei der Intensivmast von Fleisch-Rindern mit Kraftfutter sogar als "Verzehrsbremse" eingesetzt, um eine zu rasche Kraftfutteraufnahme zu vermeiden. MEYER et al. (1955) nennen hier Salzzusätze in einer Höhe von 8 - 10 % NaCl zum Futter. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß das Kraftfutter zwischen 40 und 80 % der Gesamttagesration ausmacht.

Zur Ermittlung der Na-Toleranz verabreichten WEETH et al. (1960) an Hereford-Färsen über einen Versuchszeitraum von 30 Tagen Trinkwasser mit einem Zusatz von 0,4 % Na (aus NaCl). Diese Na-Konzentration in der Tränke wurde von den Rindern mit einer Steigerung der Wasseraufnahme um 53 % beantwortet. Signifikante Änderungen der Gewichtszunahmen traten nicht auf. Erst bei 0,8 % Na im Trinkwasser wurden eine geringere Futteraufnahme und verminderte Lebendmassenzunahmen beobachtet.

LEEUWEN (1970) untersuchte die Wirkung von Salzzulagen zu Basisrationen aus Heu und Kraftfutter und fand, daß erst bei Gehalten von 0,6 - 0,8 % Na in der Trockensubstanz die

Wasseraufnahme anstieg.

Der K-Stoffwechsel des Wiederkäuers ist auf den Kaliumüberschuß in der Pflanzennahrung eingestellt und vermag daher den Natrium- und Kalium-Haushalt auch bei relativ hohem K-Angebot im Futter im Gleichgewicht zu halten. Dennoch werden zwischen dem hohen K-Gehalt des jungen Grünfutters im Frühjahr und dem gehäuftten Auftreten von Störungen des Magnesium-Stoffwechsels im Sinne hypomagnesämischer Tetanien Verbindungen gesehen. WERK und ROSENBERGER (1969) untersuchten den Einfluß einer über längere Zeit verabreichten KCl-Zufütterung bei 2 x 5 in Hochlaktation stehenden Kühen. Die Kontrolle erhielt hierzu 269 g K, die Versuchsgruppe 583 g K pro Tier und Tag. Für die Versuchsgruppe wurden um etwa 24 % gesteigerte tägliche Wasseraufnahmen und um 50 % erhöhte Harnmengen ermittelt. Im Blutserum konnte eine geringe Erhöhung des K-Gehaltes (um ca. 0,25 mmol K/l) und eine ebenfalls geringe Erniedrigung des Na-Gehaltes (um ca. 1 mmol Na/l) festgestellt werden. Der Mg-Plasmaspiegel blieb unbeeinflußt.

Die hier aufgeführten Untersuchungen belegen, daß sowohl erhöhte Natrium- als auch Kalium-Aufnahmen mit gesteigerter Wasseraufnahme beantwortet wurden. Sie lassen keine Aussage über die Na-Toleranz zu, da der Bereich gestörter Futteraufnahme wegen zu niedrig gewählter NaCl-Zulage nicht erreicht wurde.

2.1.3.2. Funktionell monogastrisches Rind (Mastkalb)

Ganz anders als beim Rind, dem in der Regel Wasser zur Aufnahme ad libitum (z. B. Selbsttränke) angeboten wird, ist die Situation beim Mastkalb. Das pseudomonogastrische Kalb, das mit einem Milchaustauschfutter ernährt wird, kann ent-

sprechend den Haltungsbedingungen seinen Wasserbedarf nur über die Milchaustauschtränke decken. Da die handelsüblichen Milchaustauschfutter relativ hohe Na-Konzentrationen aufweisen können, die Wasserversorgung des Mastkalbes (und damit die Harnmenge) jedoch limitiert ist, ist eine Ausscheidung von im Übermaß aufgenommenen Na- (und auch K-) Mengen nur durch Steigerung der Konzentration der Elektrolyte im Harn (auch im Kotwasser) möglich. Der Ausscheidung über den Kot kommt dabei mengenmäßig eine nur geringe Bedeutung zu. Dazu kommt, daß im Verlauf der Mast (über 10 - 12 Wochen) bei Einhaltung üblicher Fütterungs- bzw. Tränkeregime sowohl die Wasseraufnahme als auch die Harnproduktion bezogen auf kg Lebendmasse kontinuierlich abfällt.

So beobachtete WANDL (1975), daß die tägliche Harnmenge bei nahezu unveränderter Elektrolyt-Aufnahme und -Ausscheidung (bezogen auf kg Lebendmasse) innerhalb von 9 Versuchswochen auf 37 % ihres Ausgangswertes abfiel. Gleichzeitig stieg dabei die Elektrolyt (Na, K)-Konzentration im Harn an.

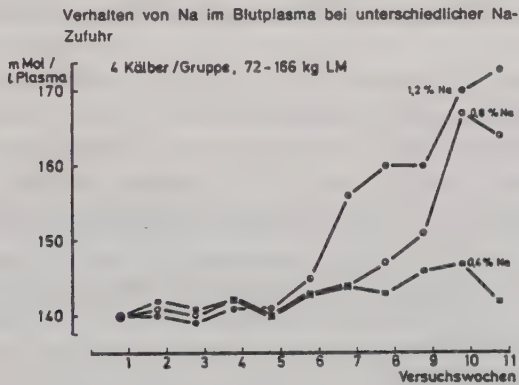
Durch Fütterungs- und Haltungstechnik erscheint daher vorgegeben, daß bei Mastkälbern bereits als Folge geringer Erhöhung der Na- (und K-) Zufuhr der Na- und K-Haushalt nicht mehr physiologisch reguliert werden kann.

GROPP, BOEHNCKE und ADAM (1977 und 1978) haben zur Ermittlung der Na-Toleranz von Mastkälbern eine Reihe ausführlicher Versuche angestellt, deren Ergebnisse heute nur zum Teil veröffentlicht sind.

In einem 11wöchigen Versuch an 3 x 4 Mastkälbern, denen Milchaustauschfutter mit 0,4; 0,8 bzw. 1,2 % Na (Na-Zulage als NaCl) angeboten wurde, ergab sich, daß bereits 0,8 % Na im Futter nicht mehr toleriert werden, wenn die Tränk-

konzentration 200 g/l überschreitet. Als pathognostisch für eine beginnende Na-Vergiftung wurden Blutplasmawerte von > 150 mmol/l ermittelt.

Über den Verlauf der Na-Konzentration im Blutplasma in Abhängigkeit von Versuchsdauer und Na-Gehalt im Futter informiert Übersicht 1.



Bei allen drei Versuchsgruppen wurden während der gesamten Versuchszeit in etwa gleiche K-Plasmaspiegel (4,7 mmol K/l) gemessen. Mit den Na-Konzentrationen im Blutplasma waren die Chlorid-Plasmaspiegel eng korreliert.

Mit zunehmendem Na-Angebot stieg der Na-Gehalt im Kotwasser und die Kotwasserausscheidung insgesamt (siehe auch Übersicht 2).

Übersicht 2

Versuchs- gruppe	Na-Kotwasser- Konzentration (mmol/l)		Kotwasser-Ausscheidung (% der Aufnahme)	
	3.-6. Woche	7.-10. Woche	3.-6. Woche	7.-10. Woche
0,4 % Na	14,1	14,4	2,7	4,7
0,8 % Na	33,0	37,4	2,7	3,7
1,2 % Na	36,2	36,0*)	3,5	7,3*)

*) Durch Verzehrsdepression geringere Na-Aufnahme als in der Gruppe mit 0,8 % Na

Dennoch waren die hierdurch bedingten Unterschiede in der absoluten faecalen Na-Ausscheidung zu gering, als daß sie zu einer nennenswerten Entlastung des Organismus hätten beitragen können.

Die Unterschiede in der Na-Aufnahme werden durch die Differenzen der Na-Konzentration im Harn und der renalen Na-Ausscheidung wiedergespiegelt (siehe Übersicht 3).

Übersicht 3

Versuchs- gruppe	Na-Harnkonzentration (mmol/l)		Na-Ausscheidung (g/Tier und Tag)	
	3.-6. Woche	7.-10. Woche	3.-6. Woche	7.-10. Woche
0,4 % Na	52	102	4,1	6,9
0,8 % Na	132	189	10,1	16,4
1,2 % Na	174	168*)	14,4	13,5*)

*) Durch Verzehrsdepression geringere Na-Aufnahme als in der Gruppe mit 0,8 % Na

Angesichts der relativ geringen Harnmengen und dem Unvermögen, der Niere die Na-Konzentration im Harn noch zu erhöhen, ist die beobachtete Hybernatriämie eine logische Folge der Na-Aufnahme bei limitiertem Wasserangebot.

Um die enge Beziehung zwischen Na-Toleranz und Wasserangebot zu berücksichtigen, bezogen GROPP et al. (1978) in weiteren Untersuchungen die Na-Konzentration nicht mehr auf Futter, sondern auf die Wasserzufuhr und damit auf die Tränkkonzentration.

In einem Versuch an 5 x 4 Kälbern konnte festgestellt werden, daß bei einer Tränkkonzentration von 250 g Milchaustauschfutter/l Tränke bereits 0,175 % Na in der Tränke ($\approx$ 0,7 % Na im Futter) zur Hybernatriämie führen können.

In einem weiteren 45 Tage dauernden Versuch an 20 Kälbern lag der Na-Gehalt im Milchaustauschfutter bei 4 von insgesamt 6 Versuchsgruppen zwischen 0,58 und 0,62 % (Tränkkonzentration: 240 g/l). Der K-Gehalt im Futter dieser 4 Gruppen war unterschiedlich groß und betrug im einzelnen 0,9; 1,56; 1,61 bzw. 1,92 % K. Am 38. und 44. Versuchstag konnten nur für die Gruppe mit 0,58 % Na und 0,9 % K im Futter durchschnittliche physiologische Na-Blutplasmakonzentrationen von 143 mmol Na/l ermittelt werden. Dagegen wiesen die 3 anderen Gruppen bei fast gleicher Na-Versorgung durchschnittliche Na-Konzentrationen im Blutplasma von 152 - 159 mmol Na/l auf.

Der Zusammenhang zwischen Na-Blutspiegel und K-Überversorgung ist nach GROPP et al. (1978) darin zu sehen, daß steigende K-Aufnahmen eine Verstärkung der Aldosteron-Sekretion der Nebennierenrinde bewirken. Diese wiederum hat zum einen eine Erhöhung der K^+ -Sekretion in den distalen Tubuli der Niere, zum anderen eine Steigerung der Na^+ -Rückresorption,

d. h. eine Einschränkung der Na-Exkretion, zur Folge.
Eine Hypernatriämie kann demnach nicht nur durch ein Na-, sondern auch durch ein K-Überangebot ausgelöst werden.

Da nach GROPP et al. (1978) die Konzentrationsfähigkeit der Niere als bestimmender Faktor der Na-Toleranz durch einen Maximalwert bei deutlichen individuellen Schwankungen von etwa 1400 mOsmol/l (das entspricht bei Salzgabe etwa 200 mmol Na und 260 mmol K/l Harn) gekennzeichnet ist, können Natrium und Kalium auf isoosmotischer Basis verglichen werden.

Die Na-Toleranz wird demnach nicht als numerische Summe der Na+K-Konzentrationen in der Tränke angegeben, sondern die K-Konzentration wird isoosmotisch zu Natrium berechnet. Dies geschieht durch Multiplikation der K-Menge mit dem Faktor 0,588 (K-Menge geteilt durch Atomgewicht K, multipliziert mit Atomgewicht Na).

Diese Überlegungen wurden in einem weiteren Experiment, das an 3 x 5 Kälbern über 14 Tage durchgeführt wurde, bestätigt. Hierzu wurden Tränken gleichen osmotischen Drucks, aber unterschiedlicher Na- und K-Konzentrationen verabreicht. Die Na+K-isoosmotische Summenkonzentration ($\% \text{ Na} + \% \text{ K} \times 0,588$) betrug 0,39 % in der Tränke. Da in allen Versuchsgruppen nach 9 Versuchstagen eine Hypernatriämie gleichermaßen (155, 155 und 156 mmol Na/l Plasma) auftrat, schlossen GROPP et al. (1978) daraus, daß "eine Na- und/oder K-Übersorgung zur Hypernatriämie führen und daß diesbezüglich 0,588 Na 1 K wirkungsgleich vertreten kann".

Zusammenfassend geben GROPP et al. (1978) eine maximal tolerierbare isoosmotische Na+K-Summenkonzentration von 0,32 % in der Tränke an. Es wird jedoch darauf verwiesen, daß bei Vorliegen höherer Stalltemperaturen (26° - 28° C) bereits

geringere Na+K-Konzentrationen zur Hypernatriämie führen können.

Aus hier im einzelnen nicht mehr angegebenen Versuchen schlossen GROPP et al. (1977), daß die Na-Intoxikation im wesentlichen unabhängig von der mengenmäßigen Chlorid-Aufnahme verläuft. Diese Feststellung konnte in Versuchen, in denen Futter mit NaCl bzw. Na-Acetat miteinander verglichen wurden, bestätigt werden (KÖNIG et al., 1980).

GROPP et al. (1978) beobachteten bei Kälbern, deren Na-Plasmakonzentration 160 mmol/l erreicht bzw. überstiegen hatte, eine zunehmende motorische Unruhe, verbunden mit Brüllen und dem Bemühen um zusätzliche Wasseraufnahme (Auflecken von Stallreinigungswasser, Harnsaufen). Diese Erscheinungen werden einem gesteigerten Durstgefühl zugeordnet. Bei Fortdauer der Hypernatriämie wurden die klinischen Symptome weiter verschärft: Muskelzittern, Zähneknirschen mit Speichelfluß sowie vereinzelt zentralnervöse Störungen (komatöse Zustände, Paresen) traten auf. Diese spätere Symptomatik wird im Zusammenhang mit der gestörten Erregungsfortleitung gesehen.

Der Todeseintritt wird offensichtlich ausgelöst durch einen Zusammenbruch der Regulationsmechanismen. Prämortale kommt es zu einem starken Anstieg der K-Konzentration (von 4,6 auf ca. 8 - 10 mmol K/l) im Blutplasma (KÖNIG, MOSER, 1980).

2.2. Saure Milchaustausch-Tränke

Da in den eigenen Untersuchungen an Lämmern sowohl mit einem normalen Milchaustauschfutter, dessen pH-Wert sich mehr oder weniger aus den üblichen Komponenten ergibt ("neutrales" Milchaustauschfutter), wie auch mit "saurem" Milchaustauscher, dessen pH-Wert durch organische Säuren gesenkt wird, gearbeitet wurde, soll im folgenden eine knappe Übersicht über die Erfahrung mit der Sauertränke bei Kälbern gegeben werden.

Die Kalt-Sauer-Tränke fand vorwiegend unter dem Aspekt der Arbeitersparnis sowie wegen der festgestellten Verminderung der Verlustraten in "E. coli-Problembetrieben" in die Kälberaufzucht Eingang. Die Milchaustauschtränke wird hierzu durch Einsatz geeigneter Konservierungsmittel unter Stallbedingungen für 2 - 3 Tage lagerungsfähig gemacht und bei einer Tränktemperatur, die der Stalltemperatur mehr oder weniger entspricht, ad libitum angeboten. Zielsetzung der Kalttränke war es, durch den Einfluß der niedrigen Temperatur in Verbindung mit dem Säurezusatz trotz ad libitum Fütterung insgesamt einen so geringen Verbrauch an Milchaustauschfutter zu erreichen, daß eine frühzeitige Aufnahme von Rauhfutter begünstigt wird.

Heute hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß Kalttränken nicht unter 20° C, besser mit 25° C angeboten werden sollen.

Als Konservierungsmittel wurde bereits während der Einführung des Kalt-Sauer-Tränkverfahrens Ameisensäure verwandt, die sich auch in späteren Untersuchungen gut bewährte (GÖDDE, 1979).

Bei zufriedenstellender Konservierung der Tränke (niedriger pH-Wert) ist jedoch eine unzureichende Stabilität der Tränkesuspension feststellbar. So kommt es bei Verwendung von Magermilchpulver zur Säure-Fällung von Kasein. Die im Handel befindlichen Milchaustauscher für Kalttränke sind meistens sog. Null-Austauscher auf der Basis von Molke und Sojaproteinkonzentrat.

Hinsichtlich des Zeitpunktes, zu dem Kälber frühestens auf Kalttränke umgestellt werden sollen, empfiehlt v. BOTHMER (1977) für Problembetriebe (E. coli-Diarrhoe) eine Umstellung ab dem 2. Lebenstag, im Normalfall ab dem 4. - 10. Lebenstag vorzunehmen. Da ältere Kälber die Kalt-Sauer-Tränke nur ungern aufnehmen, besonders während der Angewöhnung, kommt auch GÖDDE (1979) zu dem Schluß, bei Verwendung von Kalt-Sauer-Tränke diese Kälbern zu einem möglichst frühen Zeitpunkt anzubieten.

Für die Akzeptanz der Sauertränke spielt jedoch nach GÖDDE (1979) nicht nur das Umstellungsalter der Kälber sowie das unterschiedliche Fütterungsregime bei Mast und Aufzucht, sondern auch die Tränketemperatur eine entscheidende Rolle. So stellte er fest, daß eine von der Zusammensetzung her gleiche Tränke (pH-Wert gleichfalls 4,2) aber mit einer Temperatur von 30° C angeboten, bedeutend besser aufgenommen wurde als eine Tränke mit 20° C Tränketemperatur.

Die vom Organismus aufgenommenen Säuremengen werden vor allem über die Nieren, aber auch über die Lunge (Feinregulierung des CO₂-Partialdruckes) ausgeschieden. Nach VOGEL und GÄRTNER (1976) sind 3 renale Regulationsmechanismen zur Konstanthaltung des Blut-pH-Wertes zu nennen:

- a) Bicarbonat-Mechanismus (proximaler Tubulusabschnitt)
Austausch von tubulärem Na⁺ gegen zelluläres H⁺, im

Tubuluslumen entsteht H_2CO_3 .

- b) Phosphat-Mechanismus (proximaler Tubulusabschnitt)
Austausch von tubulärem Na^+ gegen zelluläres H^+ , im Tubuluslumen entsteht H_2PO_4^- .
- c) Ammonium-Mechanismus (distaler Tubulusabschnitt)
In der Zelle wird NH_3 aus Glutamin abgespalten, NH_3 diffundiert in das Tubuluslumen, nimmt dort ein H^+ -Ion auf (NH_4) und wird dann an einen Säurerest gebunden und ausgeschieden.

GÖDDE (1979) stellte daher erwartungsgemäß bei Verminderung des Tränke-pH-Wertes von 6,8 auf 4,2 ein Absinken des pH-Wertes im Harn von 6,7 auf 5,7 fest. Nach quantitativer Harnsammlung über 3 Tage bei 15 Bullkälbern und Messung der Na- und P-Konzentrationen schloß er, daß zwischen der renalen Na- und P-Ausscheidung neutral und saurer getränkter Kälber keine Unterschiede auftreten. Auch die Nichtbeeinflussung des Blut-pH-Wertes sowie der Na-, K- und P-Konzentration im Blut durch die saure Tränke wurde in 2 Versuchen bestätigt.

Die Verdaubarkeit von Rohprotein und Rohfett läßt nach den von GÖDDE (1979) bei 56 Kälbern ermittelten Verdaubarkeitskoeffizienten keinen prinzipiellen Unterschied zwischen neutraler und saurer Tränke erkennen. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß die im Handel befindlichen Milchaustauschfutter für Kalttränke im allgemeinen magermilchfrei sind und milchfremde Proteine wie z. B. Soja oder Fischproteinkonzentrat besonders für junge Kälber als schlechter verdaulich gelten (GROPP, 1972 und 1975; SMITH und Sissons, 1975 u. a.).

Die festere Kotkonsistenz der mit einem magermilchfreien Milchaustauschfutter sauer getränkten Versuchsgruppen

konnte von GÖDDE (1979) nicht eindeutig auf den niedrigen pH-Wert der Tränke und/oder die Rationszusammensetzung zurückgeführt werden. Fest steht jedoch, daß magermilchfreie Futtertypen zu einer festeren Kotkonsistenz führen (GROPP, 1972 und 1975).

Über Erfahrungen mit der Sauertränke bei Lämmern liegen bisher keine Erfahrungsberichte vor. Kalttränke (ohne Zusatz von Konservierungsmitteln) wurde aber bei Lämmern schon seit geraumer Zeit routinemäßig eingesetzt, um bei ad libitum Angebot von Tränke ein "Übersaufen" und nachfolgende Indigestionen zu vermeiden. Heute wird aber auch in der Lämmeraufzucht eine Kalttränke nicht mehr empfohlen.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

In Versuch I und II erfolgte die Nährstoff- und Wasserversorgung der Lämmer ausschließlich über ein Milchaustauschfutter (MAT). Daraus ergab sich ein limitiertes Wasserangebot.

Zielsetzung der beiden Versuche war es, die Toleranz von Milchlämmern gegenüber mit dem Futter zugeführten Elektrolyten, d. h. gegenüber Natrium auch in Abhängigkeit von der Kalium- und Phosphor-Versorgung zu untersuchen. Weiterhin sollte festgestellt werden, ob durch den Futter-Typ die Elektrolyt-Toleranz beeinflusst wird.

Deshalb wurden die Lämmer in Versuch I mit einem neutralen, in Versuch II mit einem saueren Milchaustauschfutter versorgt. Zusätzliche Elektrolyte wurden der Basisstränke in Form von Salzen zugesetzt.

3.1. Material und Methoden

3.1.1. Allgemeines

3.1.1.1. Versuchstiere

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen von 2 getrennt durchgeführten Versuchen an insgesamt 27 männlichen Lämmern vorgenommen.

Für Versuch I wurden 17 männliche Lämmer im Alter von 1 - 14 Tagen angekauft, die nach einer Vorperiode von 2 Wochen bei Versuchsbeginn eine mittlere Lebendmasse von 10,5 kg (7,2 - 15,4 kg) aufwiesen. Die Versuchstiere gehörten folgenden Rassen an: Merino - Landrasse (9), Merino - Schwarz-

kopf-Bastard (7) und Schwarzkopf (1).

Für Versuch II erfolgte der Ankauf von 10 Bocklämmern im Alter von 1 - 3 Wochen. Nach einer Vorperiode von 3 Wochen wurde für die Versuchstiere zu Versuchsbeginn eine mittlere Lebendmasse von 18,0 kg (14,1 - 21,4 kg) ermittelt. Die Lämmer gehörten folgenden Rassen an: Merino - Landrasse (4), Merino - Schwarzkopf-Bastard (6).

3.1.1.2. Haltung der Versuchstiere

Die Versuche I und II sahen eine einstreulose Haltung der Versuchsgruppen in getrennten Laufboxen vor. Um diese zu ermöglichen, wurden die Böden der insgesamt 4 Laufboxen (ca. 2,2 m²/Box) aus Lattenrosten angefertigt und mit geflochtenem Maschendraht (Maschengröße: 1 x 1 cm) überzogen. Die Seitenwände (Höhe ca. 110 cm) bestanden aus Holzrahmen, die mit Maschendraht bespannt waren. Dadurch hatten die Tiere benachbarter Boxen Sichtkontakt.

Jede Box war mit einer eigenen Tränkevorrichtung versehen. Diese bestand aus einem Plastik-Vorratsbehälter, aus welchem die Versuchstiere über 2 Steigrohrleitungen mit Saugnippeln (Typ HIKO - 2000 L, Hersteller: Fa. Hinterkopf, Ulm) Tränke aufnehmen konnten. Der Vorratsbehälter hatte ein maximales Fassungsvermögen von 10 l. Um den saugenden Lämmern eine sofortige Tränkeaufnahme zu ermöglichen, wurden die Steigleitungen mit Rückschlagventilen versehen, die einen Rückfluß hochgesaugter Milch verhinderten.

Da die Tränke einmal täglich boxenweise zugemessen wurde, mußte sie regelmäßig umgerührt werden, um ein Sedimentieren schwerlöslicher Bestandteile zu verhindern. Dies wurde durch die Verwendung von Magnetrührern erreicht, die über einen

Zeitgeber alle 15 Minuten für jeweils 1,5 Minuten eingeschaltet wurden.

3.1.1.3. Fütterung der Versuchstiere

In beiden Versuchen wurden die Lämmer ausschließlich über eine Milchaustausch-Tränke mit Nährstoffen und Wasser versorgt.

Einmal täglich (um 8.00 Uhr) wurde für alle Versuchstiere gemeinsam eine Basis - Milchaustausch - Tränke hergestellt. Dabei wurde in einem elektrisch betriebenen Mischgerät das lufttrockene Milchaustauschfutter zur besseren Emulgierung der Fettkomponente zunächst mit heißem Wasser (ca. 60° C) angerührt. Anschließend wurde Kaltwasser bis zur Erreichung der gewünschten Tränkkonzentration und einer Tränktemperatur von ca. 30° C zugesetzt.

Die so hergestellte Basis - Tränke wurde in die Vorratsbehälter gegeben, die ein maximales Tränkeangebot pro Versuchsgruppe und Tag von je 10 Litern zuließen. Je nach Versuchsgruppe wurden anschließend die Elektrolyte in Form von Salzen zugesetzt und mit einem Schneebesen eingerührt. Die zunächst warme (ca. 30° C) Versuchstränke erkaltete allmählich in Abhängigkeit von der Stalltemperatur. Die nach 24 Stunden noch im Vorratsbehälter vorhandene, nicht aufgenommene Milchaustausch - Tränke wurde zurückgemessen.

Durch diese Tränketchnik war es nicht möglich, die individuelle Futteraufnahme von Einzeltieren zu bestimmen. Deshalb können für die tägliche Tränke- bzw. Elektrolytaufnahme nur die jeweiligen Gruppenmittelwerte angegeben werden.

3.1.1.4. Versuchsdurchführung

Zur Beurteilung der Elektrolyt-Toleranz wurde von jedem Lamm einmal wöchentlich Blutplasma (Donnerstag), zweimal wöchentlich Spontanharn (Montag, Donnerstag) und dreimal wöchentlich Kot (Montag, Dienstag und Mittwoch) gewonnen. Die Lämmer wurden jede Woche einmal gewogen (Donnerstag). Bei Versuchstieren, die erhöhte Natrium- und Kaliumblutspiegel aufwiesen bzw. deren Allgemeinbefinden beeinträchtigt war, wurden auch mehrmals wöchentlich, teilweise täglich, Blutproben genommen und analysiert. Dieser Zeitplan für die Probenahme konnte in beiden Versuchen im wesentlichen eingehalten werden.

Die Technik der Probennahme sowie die analytischen Untersuchungen der gewonnenen Proben bzw. deren Konservierung waren in beiden Versuchen identisch.

Blutplasma

Die Blutentnahme erfolgte aus der V. jugularis. Nach Zusatz von Na-Heparinat wurde aus Vollblut durch Zentrifugieren (ca. 10 Minuten bei 3000 U/Min.) Blutplasma gewonnen. In der Regel wurden die analytischen Untersuchungen an frischen Plasmaproben vorgenommen. Es wurden folgende Bestimmungen durchgeführt: Natrium-, Kalium-, Chlorid-, Phosphor- und Calcium-Konzentration in mmol/l Plasma.

Proben, die nicht sofort analytisch aufgearbeitet werden konnten, wurden tiefgekühlt gelagert.

Spontanharn

Zur Gewinnung des Spontanharns wurden den Lämmern kleine PVC-Becher umgebunden, in denen der abgesetzte Harn aufgefangen werden konnte. Im Anschluß an die Harngewinnung wurde mit Hilfe eines pH-Meters mit Einstabmeßkette und Digitalanzeige (Fa. WTW, Weilheim) der Harn-pH bestimmt. Auch für alle weiteren analytischen Untersuchungen wurde, wenn möglich, frischer Spontanharn verwendet.

Im einzelnen wurden folgende Parameter gemessen:

Natrium, Kalium, Chlorid, Phosphor und Kreatinin. Die Konzentration wird in mmol/l Harn angegeben.

Nicht aufgearbeitete Harnproben wurden bei -18°C gelagert.

Kot

Kotproben wurden wöchentlich an 3 aufeinander folgenden Tagen von jedem einzelnen Versuchstier aus der Mastdarmampulle gewonnen. Nach Wägung der Frischkot-Proben wurden diese im Trockenschrank bei 115°C über eine Dauer von mindestens 24 Stunden getrocknet. Die pro Woche von jedem Versuchstier anfallenden 3 Kotproben wurden nach Ermittlung des Trockensubstanzgewichtes (TS-Gewicht) gemeinsam gemahlen und homogenisiert.

Das Homogenisat diente als Ausgangsmaterial für weitere Bestimmungen.

In der Kot-TS wurde der Gehalt an Chromoxid ermittelt, in der Kot-Asche die Natrium- und Kalium-Konzentration.

3.1.1.5. Analytische Methoden

Natrium- und Kalium-Bestimmung

Die Natrium- und Kalium-Bestimmung im Blutplasma, Harn und Kot wurde mit dem Flammenphotometer IL 243 (Instrumentation Laboratory GmbH, D 5303 Hersel) durchgeführt. Durch einen dem Gerät vorgeschalteten Dilutor werden Plasma- und Harnproben automatisch mit aqua dest. (1 : 200) verdünnt und mit einem sog. "inneren" Lithiumstandard (15 mmol/l) versetzt. Das Flammenphotometer mißt die Lichtemission der durch eine Propanflamme angeregten Na- und K-Atome bei Wellenlängen von 589 bzw. 766 nm und vergleicht sie mit der Emissionsintensität von Standardlösungen. Diese enthalten für die Na- und K-Bestimmung im Blutplasma 140 mmol Na/l und 5 mmol K/l, für die Na- und K-Bestimmung im Harn 100 mmol Na/l und 100 mmol K/l.

Um gelegentliche Veränderungen der Flammentemperatur, der Aspirationsmengen oder chemische Interferenzen auszugleichen, werden die Emissionswerte der Proben und Standardlösungen bei jeder Messung mit der Emissionsintensität des "inneren" Lithiumstandards verglichen. Die Anzeige der Ergebnisse erfolgt digital.

Für die Natrium- und Kalium-Bestimmung in der Kotasche wurden etwa 150 mg Kotasche in ein Becherglas eingewogen. Anschließend wurde die Asche mit 5 ml 32 %iger HCl befeuchtet und auf dem Sandbad bis zur Trockene eingeeengt. Der Rückstand wurde mit 10 ml verdünnter HCl (32 %ige HCl : aqua dest = 1 : 1) unter Erwärmen aufgenommen und in einen 50 ml-Meßkolben abfiltriert. Im Gegensatz zu Harn und Plasma konnte die anschließende Verdünnung des Filtrates nicht mit dem Dilutor (1 : 200) erfolgen, da in der Kotaschelösung nur mit sehr geringen Na- und K-Konzentrationen zu

rechnen war. Deshalb wurde unter Zusatz des "inneren" Lithiumstandards (15 mmol/l) eine Verdünnung 1 : 5 manuell hergestellt. Die so hergestellte Meßlösung wurde von dem Flammenphotometer direkt aspiriert und mit einer Standardlösung von 40 mmol Na/l und 80 mmol K/l verglichen. Die Berechnung des Natrium- und Kaliumgehaltes in Prozent der Kottrockensubstanz wurde nach folgender Formel vorgenommen:

$$\text{Na bzw. K in \% der TS} = \frac{\text{Meßwert (mmol/l)} \times \text{Atongew.} \times \% \text{ Asche}}{\text{Einwaage (mg)} \times 20^{(1)} \times 40^{(2)}}$$

(1): mmol Na bzw. mmol K in 50 ml statt 1000 ml

(2): Verdünnung 1 : 5 statt 1 : 200

Chloridbestimmung

Die Chloridbestimmung im Harn und Blutplasma wurde mit dem Chloridmeter 6610 (Eppendorf) vorgenommen.

Das Gerät arbeitet nach einem coulometrischen Verfahren zur Erzeugung von Silberionen. Die Höhe des Indikatorstroms, der zwischen 2 gleichartigen Silberelektroden gemessen wird, ist der Silberionenkonzentration in der Elektrolytlösung (= Vorlage) proportional. Die Silberionenkonzentration wird ständig überprüft und konstant gehalten. Werden jetzt mit einer Probe (50 µl) Chloridionen zugegeben, fällt unlösliches Silberchlorid aus, der Indikatorstrom sinkt und veranlaßt über den Generatorstrom so lange die Freisetzung von Silberionen, bis alle Chloridionen ausgefällt sind und die ursprüngliche Silberionenkonzentration wieder hergestellt ist.

Die Fließzeit des Generatorstroms wird gemessen; sie ist proportional der Menge an zugegebenen Chloridionen. Von einer digitalen Anzeige sind die Meßergebnisse direkt in

mmol Cl/l ablesbar.

Phosphorbestimmung

Die Phosphorbestimmung im Harn und Blutplasma erfolgte photometrisch nach der Molybdat-Vanadat-Methode mit Hilfe von Test-Reagenzien (Boehringer Diagnostica, Best.-Nr. 124 974). Das Testprinzip beruht auf der Bildung eines Farbkomplexes von Phosphat in salpetersaurer Lösung mit Molybdat und Vanadat. Die Extinktionswerte der Proben (bei 405 nm) werden mit einem Eppendorf-Photometer (Digitalphotometer 6114 S) gemessen und mit der Extinktion eines P-Standards verglichen.

Calciumbestimmung

Der Calcium-Gehalt im Blutplasma wurde nach der o-Kresolphthalein-Komplexon-Methode photometrisch bestimmt. Hierzu wurden Testreagenzien der Firma Boehringer (Best.-Nr. 204 382) verwendet. Das Prinzip dieser Methode beruht auf der Bildung eines violetten Komplexes durch Ca^{++} mit o-Kresolphthalein-Komplexon in alkalischer Lösung. Die Extinktionswerte der Proben (bei 578 nm) werden mit der Extinktion eines Ca-Standards verglichen.

Kreatininbestimmung

Die Kreatininbestimmung im Harn wurde mit dem Beckman-Kreatinin-Analysator 2^{*)} durchgeführt.

*) An dieser Stelle wird der Fa. Beckman für die Bereitstellung des Kreatinin-Meßgerätes gedankt

Prinzip

Zur kinetischen Kreatinin-Bestimmung wird die Jaffé-Reaktion ohne Enteiweißung eingesetzt. Hierbei bildet Kreatinin mit Pikrinsäure im stark alkalischen Milieu einen roten Kreatinin-Pikrat-Komplex, der bei 520 nm spektroskopisch erfaßt wird. Es ist allerdings bekannt, daß auch andere Substanzen, sog. "Nicht-Kreatinin-Chromogene" mit Pikrinsäure rote Reaktionsprodukte bilden. Bei der Gesamtfarmentwicklung lassen sich 3 Phasen unterscheiden: nach FLORES und Mc LEAN (1977) sind die zunächst hohen Farbtintensitäten vor allem auf die rasch reagierenden "Nicht-Kreatinin-Chromogene" zurückzuführen. Diese erste Phase endet ca. 20 - 25 sek nach Reaktionsbeginn. Darauf folgt eine kurze Periode, in der die Farbtintensität direkt proportional der "wahren" Kreatininkonzentration ist. In der dritten Phase kommt es wieder zu Überlagerungen durch langsam reagierende "Nicht-Kreatinin-Chromogene".

Der Kreatinin-Analysator 2 ermöglicht, die eigentliche Kreatinin-Reaktion zu erfassen. Hierzu werden 25 µl der mit physiologischer Kochsalzlösung 1 : 20 verdünnten Probe in eine mit modifizierter Jaffélösung versetzte Küvette pipettiert. Die zu verwendende Pipette ist mit der Elektronik des Gerätes gekoppelt (Zeitnahme). Bei einer Wellenlänge von 520 nm wird die Absorptionszunahme verfolgt und 25,6 Sekunden nach Einbringung der Probe die Geschwindigkeit apparatintern gemessen, mit der sich der alkalische Pikrat-Kreatinin-Komplex bildet. Sie ist der Kreatininkonzentration der Probe direkt proportional. Nach elektronischer Umrechnung wird das Ergebnis in mmol/l digital angezeigt.

Chromoxidbestimmung

Die Chromoxidbestimmung in Kot- und Futterproben wurde nach dem von PETRY und RAPP (1971) beschriebenen Verfahren durchgeführt.

Prinzip

Mit Hilfe eines Oxydationsgemisches aus Schwefelsäure und Perchlorsäure werden in einem Arbeitsgang Veraschung der organischen Substanz sowie Oxydation des Chromoxids in den Analysenproben durchgeführt. Das nach Oxydation erhaltene Chromat wird als Monochromat in alkalischer Lösung bei 370 nm photometrisch bestimmt. Die Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit (Absorption) einzelner Mineralstoffe wurde nach folgender Formel vorgenommen:

$$\text{scheinbare Absorption} = 100 - \left(\frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ im Futter}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ im Kot}} \times \frac{\% \text{ Inhaltsstoff im Kot}}{\% \text{ Inhaltsstoff im Futter}} \times 100 \right)$$

3.1.2. Versuch I

3.1.2.1. Vorperiode (17.07. - 30.07.1980)

In der 2wöchigen Vorperiode wurde bis 2 Tage vor Versuchsbeginn ein handelsübliches Milchaustauschfutter ("LAM-OSPRAY", Hersteller: Centrale Veefoederfabriek, Sloten) verwendet. Im Anschluß wurde ein nach eigener Rezeptur hergestelltes Milchaustauschfutter eingesetzt, das auch während des gesamten anschließenden Versuches I als "Basis"-Milchaustauschfutter diente (Zusammensetzung siehe Tab. 3).

In den ersten 9 Tagen der Vorperiode wurden die Lämmer 4 mal täglich getränkt (7.00, 11.00, 15.00 und 19.00 Uhr).

In den folgenden 5 Tagen bis Versuchsbeginn wurde nur 2 mal

täglich (7.00 und 16.00 Uhr) Tränke angerührt. Die angebotene Tränkmenge stand zu ad libitum Aufnahme zur Verfügung. Auf diese Weise sollten die Tiere auf das während des Versuches praktizierte ad libitum Fütterungsregime mit einmaliger Tränkzumessung adaptiert werden.

Über die angebotene Tränkmenge informiert Tab. 1.

Tabelle 1 Tränkplan: Vorperiode

Tage	Anzahl der Tränkzeiten	durchschnittliche Tränkmenge/Tier u. Tag in l	g MAT/l Tränke
1 - 3	4	1,25	200
4 - 9	4	1,50	200
10 - 14	2*)	2,00	200

3.1.2.2. Versuchsanlage

Die Versuchsdauer betrug 10 Wochen (31.07.80 - 09.10.80).

Der Gesamtversuch gliederte sich in 3 Abschnitte.

Versuchsabschnitt I : 31.07.80 - 27.08.80 (1.- 4. Versuchswoche)

Versuchsabschnitt II : 28.08.80 - 17.09.80 (5.- 7. Versuchswoche)

Versuchsabschnitt III: 18.09.80 - 09.10.80 (8.-10. Versuchswoche)

16 Versuchstiere mit einer durchschnittlichen Lebendmasse von 10,5 kg (7,2 - 15,4 kg) wurden auf 4 annähernd gewichtsgleiche Gruppen zu je 4 Lämmern verteilt.

*) zur ad libitum Aufnahme

Tab. 2 Elektrolyt - Konzentrationen (Na, K, P) in der Tränke (%)

Versuch I

Versuchs- woche	g MAT / l Tränke	Kontrolle	Na - Gruppe	K - Gruppe	P - Gruppe
1. - 4.	200	Na/K/P isoos.Summe	0,09/0,24/0,16 0,36	0,09/0,51/0,16 0,39	0,09/0,24/0,39 0,23
5. - 7.	250	Na/K/P isoos.Summe	0,12/0,30/0,20 0,29	0,12/0,57/0,20 0,45	0,12/0,30/0,49 0,29
8. - 10.	300	Na/K/P isoos.Summe	0,14/0,36/0,24 0,35	0,14/0,68/0,24 0,54	0,14/0,36/0,58 0,35

Alle Versuchsgruppen wurden mit einer Basis-Milchaustausch-Tränke versorgt. Bei den Versuchsgruppen (2), (3) und (4) wurden folgende Elektrolyte zur Tränke zugesetzt:

Gruppe (2) Na (als NaCl)

Gruppe (3) K (als K-acetat)

Gruppe (4) P (als Dicalciumphosphat)

Entsprechend der jeweiligen Elektrolytzulage wurden die Gruppen als "Na-Gruppe", "K-Gruppe" und "P-Gruppe" bezeichnet. Gruppe (1) ohne Elektrolytzulage zur Basis-Tränke diente als "Kontroll"-Gruppe.

Die Elektrolytbelastung wurde von Versuchsabschnitt zu Versuchsabschnitt gesteigert. Dabei wurden sowohl die Konzentrationen der Basis-Tränke (200 - 300 g MAT/l Tränke) als auch die Elektrolytzulagen erhöht. In Tab. 2 sind die jeweiligen Elektrolytkonzentrationen (Na, K, P) sowie die isoosmotischen Na+K-Summen für die einzelnen Versuchsabschnitte in Prozent der Tränke aufgeführt. Als Ausgangsbasis für die Berechnung dienten die analysierten Elektrolytgehalte im Milchaustauschfutter (s. auch Tab. 4).

In Versuchsabschnitt I (1. - 4. Versuchswoche) sollte durch die Na-Zulage eine Na-Konzentration im Futter von 1,1 % Na und durch die K-Zulage eine K-Konzentration von 2,54 % K erreicht werden. Das entspricht bei einer Tränkkonzentration von 200 g MAT/l 0,22 % Na bzw. 0,51 % K in der Tränke. Diese Zulagen führten aber zu verschiedenen isoosmotischen Summenkonzentrationen in den Tränken der Na- und K-Gruppe. Deshalb wurden in den folgenden Versuchsabschnitten die Na- und K-Zulagen so berechnet, daß die isoosmotischen Summenkonzentrationen in den Tränken der Na- und K-Gruppe gleich waren.

Die Phosphor-Zulage erfolgte prozentual zum eingesetzten lufttrockenen Milchaustauschfutter. Während des gesamten Versuches sollte durch die P-Zulage zur Tränke eine Konzentration im Futter von 1,94 % P erreicht werden. Die entsprechenden P-Konzentrationen in der Tränke sind der Tab. 2 zu entnehmen.

Ein 17. Versuchstier wurde bei Kraftfutter-, Heu- und Wasserversorgung ad libitum in freier Pferchhaltung entwöhnt. Sporadisch gewonnenes Blutplasma wurde wie bei den anderen Lämmern analysiert.

3.1.2.3. Fütterung

Die Lämmer wurden den ganzen Versuch über mit einem neutralen Milchaustauschfutter (Basis-Tränke) versorgt. Über seine Zusammensetzung orientiert Tab. 3.

In der 7. Versuchswoche (17.09.80) wurde die Herstellung einer zweiten Milchaustauschfutter-Charge erforderlich. Hierzu wurden die gleichen Rohstoffchargen verwendet wie bei der ersten Mischcharge.

Tabelle 3 Futterzusammensetzung (%)
Versuch I

Fettkonzentrat 40, sprühgetrocknet ¹⁾	60,000
Magermilchpulver, Walzen getrocknet	30,000
Flocculante ²⁾	4,000
Globulal 70 N ³⁾	2,000
Starterzucker (Dextrose)	1,521
Dicalciumphosphat	1,100
Viehsalz	0,250
Magnesiumoxid	0,100
Eisenfumarat	0,020
Spurenelement-Vormischung ⁴⁾	0,030
Vitamin-Vormischung ⁵⁾	0,450
Chromoxid	0,500
Wirkstoff-Vormischung ⁶⁾	0,029

100,000

1) Fettkonzentrat 40:

Mischung aus 60 % Magermilchpulver und 40 % Fett (34 % Rinderspeisetalg, 20 % Kokosfett, 18 % Schweineschmalz, 14 % Seetierfett, 10 % Palmöl, 2 % Sojaöl, 2 % Emulgator)

2) Flocculante (Hersteller: Fa. Maizena, Hamburg):

Maisquellstärke

3) Globulal 70 N (Hersteller: Fa. Meggle Milchindustrie, Reitmehring):

ultrafiltriertes neutrales Molkenproteinkonzentrat

4) Spurenelement-Vormischung enthält in 0,3 g (= pro kg des fertigen MAT):

Fe (als Fumarat)	30	mg
Zn (als Acetat)	24	mg
Mn (als Sulfat)	24	mg
Cu (als Acetat)	3,6	mg
J (als K-Jodid)	0,75	mg
Co (als Sulfat)	0,3	mg
Se (als Na-Selenit)	0,15	mg
F (als Na-Fluorit)	1,5	mg
Mg (als Oxid)	21	mg

5) Vitamin-Vormischung auf Sojafeinmehl enthält in 4,5 g (= pro kg des fertigen MAT):

Retinol	mg	6,75
Cholecalciferol	µg	49,95
-DL-Tocopherolacetat	mg	75,0
Menadionbisulfit	mg	1,95
Thiamin	mg	7,5
Riboflavin	mg	10,8
Pyridoxin	mg	4,5
Cobalamin	µg	45,0
Biotin	µg	150,0
Folsäure	µg	300,0
Ca-Pantothenat	mg	30,0
Nikotinsäure	mg	75,0
Cholin	mg	729,0
Askorbinsäure	mg	120,0

6) Wirkstoff-Vormischung enthält in 290 mg (= pro kg des fertigen MAT):

240 mg Chlortetracyclin · HCl

50 mg Furazolidon

In Tab. 4 werden die errechneten Mineralstoffkonzentrationen im Milchaustauschfutter den Analysewerten gegenübergestellt. Der Berechnung der isoosmotischen Na+K-Summenkonzentrationen, sowie der Elektrolytzulagen wurden die analytischen Werte zugrunde gelegt.

Tabelle 4 Elektrolytgehalt im Milchaustauschfutter
(% der lufttrockenen Substanz)

	Calcium	Phosphor	Natrium	Kalium	Chlorid
errechnet	1,05	0,83	0,36	1,16	0,90
analytisch*)	1,10	0,80	0,46	1,20	1,0

*) Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
Kiel Schreiben vom 01.04.1981, Gesch.-Z.: F.8701/so 8112/
80/Bn

Da zwischen Elektrolyttoleranz und Wasserangebot eine enge Beziehung besteht, wurde der Wassergehalt der Tränke bei verschiedenen Tränkkonzentrationen bestimmt (Tab. 5).

Tabelle 5 Wassergehalt der Tränke bei unterschiedlichen Tränkkonzentrationen

g MAT/l Tränke	ml Tränkwasser/l Tränke
200	860
250	825
300	795

Die durchschnittliche Tränkemenge pro Tier und Tag (errechnet aus der Boxenration) betrug in der 1. Versuchswoche ca. 2,0 Liter, in den anschließenden Versuchswochen bis Versuchsende ca. 2,5 Liter.

Die wöchentlich berechnete durchschnittliche Aufnahme von Natrium, Kalium und Phosphor (in g) pro Tier und Tag ist für die einzelnen Versuchsgruppen aus Tab. 6 zu entnehmen.

Tab. 6

Durchschnittliche Aufnahme von Natrium, Kalium und Phosphor
(in g / Tier und Tag)

Versuchs- woche	Kontrolle			Na - Gruppe			K - Gruppe			P - Gruppe		
	Na	K	P	Na	K	P	Na	K	P	Na	K	P
1.	1,8	4,8	3,2	4,4	4,8	3,2	1,8	10,2	3,2	1,8	4,8	7,8
2.	2,3	6,0	4,0	5,5	6,0	4,0	2,3	12,7	4,0	2,3	6,0	9,7
3.	2,3	6,0	4,0	5,5	6,0	4,0	2,3	12,7	4,0	2,3	6,0	9,7
4.	2,3	6,0	4,0	5,5	6,0	4,0	2,3	12,7	4,0	2,3	6,0	9,7
5.	2,9	7,5	5,0	6,9	7,5	5,0	2,9	14,3	5,0	2,9	7,5	12,1
6.	2,9	7,5	5,0	6,9	7,5	5,0	2,9	14,3	5,0	2,9	7,5	12,1
7.	2,9	7,5	5,0	6,9	7,5	5,0	2,9	14,3	5,0	2,9	7,5	12,1
8.	3,5	9,0	6,0	8,1	9,0	6,0	3,5	17,0	6,0	3,5	9,0	14,6
9.	3,5	9,0	6,0	8,1	6,7	4,5	3,5	17,0	6,0	3,5	9,0	14,6
10.	3,5	9,0	6,0				3,5	17,0	6,0	3,5	9,0	14,6

3.1.2.4. Versuchsverlauf

Zur Lippengrind-Prophylaxe wurde allen Tieren am 5. Tag nach dem Ankauf 1 ml Orph-Vakzine und 2 ml Inducer s.c. injiziert. Einen Tag darauf wurden nochmals je 2 ml Inducer s.c. injiziert. Orph-Vakzine und Inducer wurden im Institut für Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenmedizin der Tierärztlichen Fakultät der Universität München hergestellt.*)

Während des Versuches verwendeten 9 Lämmer. Die folgende Tab. 7 gibt einen Überblick über Gruppenzugehörigkeit sowie Todeszeitpunkt (Versuchswoche bzw. -tag).

Tabelle 7

Lamm Nr.	Gruppe	Versuchswoche	Versuchstag
3	Kontrolle	6.	37.
10	Na-Gruppe	2.	13.
5	Na-Gruppe	4.	23.
7	Na-Gruppe	9.	60.
8	Na-Gruppe	10.	66.
2	K-Gruppe	6.	38.
11	P-Gruppe	3.	20.
4	P-Gruppe	8.	52.
13	P-Gruppe	8.	54.

*) An dieser Stelle wird Herrn Prof. Dr. A. Mayr für die Bereitstellung des Impfstoffes gedankt.

Lamm Nr. 10 (Na-Gruppe) mußte aufgrund klinischer Erscheinungen einer Urolithiasis (Anurie, starkes Ödem im Unterbauch- sowie Präputialbereich) aus dem Versuch genommen werden. Das Tier verendete 2 Tage später.

3.1.3. Versuch II

3.1.3.1. Vorperiode (22.09.80 - 14.10.80)

In den ersten 4 Tagen der 23tägigen Vorperiode wurden die Versuchstiere mit einem handelsüblichen Milchaustauschfutter ("LAM-O-SPRAY") versorgt. Anschließend wurden die Lämmer auf ein "saures" Milchaustauschfutter umgestellt, das während des gesamten anschließenden Versuches II als Basis-Tränke diente.

Während der ersten 21 Tage wurden die Lämmer 3 mal täglich (7.30, 11.30 und 16.30 Uhr) getränkt. Die letzten beiden Tage der Vorperiode wurde morgens die Gesamttagesration angerührt und den ganzen Tag über zur ad libitum Aufnahme angeboten. Die Tränkezumessung erfolgte boxenweise. Die Durchführung der Fütterung ist dem Tränkplan aus Tab. 8 zu entnehmen.

Tabelle 8 Tränkplan: Vorperiode

Tage	Anzahl der Tränkzeiten	durchschnittliche Tränke- menge/Tier u. Tag in l	g MAT/l Tränke
1 - 21	3	1,8	200
22 - 23	1*)	1,8	200

*) zur ad libitum Aufnahme

3.1.3.2. Versuchsanlage

Der Versuch II wurde am 15.10.80 begonnen und endete am 08.01.81. Das entspricht einer Versuchsdauer von 12 Wochen (85 Tage). Der Gesamtversuch gliederte sich in 4 Abschnitte.

Versuchsabschnitt I: 15.10.80 - 05.11.80 (1.- 3. Versuchswoche)
Versuchsabschnitt II: 06.11.80 - 26.11.80 (4.- 6. Versuchswoche)
Versuchsabschnitt III: 27.11.80 - 10.12.80 (7.- 8. Versuchswoche)
Versuchsabschnitt IV: 11.12.80 - 08.01.81 (9.-12. Versuchswoche)

10 Bocklämmer mit einer mittleren Lebendmasse von 18,0 kg (14,1 - 21,4 kg) wurden auf 3 Gruppen verteilt.

Die Einteilung wurde so vorgenommen, daß bei einer Tierzahl von 3 Lämmern pro Gruppe die durchschnittlichen Lebendmassen der Gruppen einander annähernd entsprachen (18,4 - 18,5 kg). Das verbliebene 10. Versuchstier (14,1 kg) wurde der Kontroll-Gruppe zugeteilt.

Alle Versuchsgruppen wurden mit der gleichen sauren Basis-Milchaustauschtränke versorgt. Bei den Versuchsgruppen (2) und (3) wurden folgende Elektrolyte zur Tränke zugesetzt:

Gruppe (2) Na (als NaCl)

Gruppe (3) P (als Dicalciumphosphat)

Entsprechend der jeweiligen Elektrolytzulage wurden die Gruppen analog zu Versuch I als "Na-Gruppe" und "P-Gruppe" bezeichnet. Gruppe (1) ohne Elektrolytzulage zur Basis-Tränke diente als Kontroll-Gruppe.

In den Versuchsabschnitten I bis einschließlich III (1. - 8. Versuchswoche) wurde eine Tränkkonzentration von 250 g MAT/l Tränke beibehalten.

Elektrolyt - Konzentrationen (Na,K,P) in der Tränke (%)

Versuch II

Versuchs- woche	g MAT / l Tränke	Kontrolle	Na - Gruppe	P - Gruppe
1. - 3.	250	Na/K/P 0,09/0,28/0,16 isoos.Summe 0,25	0,17/0,28/0,16 0,33	0,09/0,28/0,50 0,25
4. - 6.	250	Na/K/P 0,09/0,28/0,16 isoos.Summe 0,25	0,26/0,28/0,16 0,42	0,09/0,28/0,50 0,25
7. - 8.	250	Na/K/P 0,09/0,28/0,16 isoos.Summe 0,25	0,33/0,28/0,16 0,50	0,09/0,28/0,50 0,25
9. - 12.	300	Na/K/P 0,10/0,33/0,19 isoos.Summe 0,30	0,30/0,33/0,19 0,50	0,10/0,33/0,59 0,30

In diesen Abschnitten änderten sich folglich die Elektrolytkonzentrationen und die isoosmotische Na+K-Summe der Basis-Tränke nicht. Ebenso wenig änderte sich die P-Zulage, da sie prozentual zum lufttrockenen Milchaustauschfutter (ad 1,98 %) erfolgte. Im Gegensatz dazu wurde durch Erhöhung der Na-Zulage die isoosmotische Na+K-Summenkonzentration in Versuchsabschnitt II von 0,33 % auf 0,42 % und in Versuchsabschnitt III auf 0,50 % in der Tränke angehoben.

In Versuchsabschnitt IV (09. - 12. Versuchswoche) wurde die Tränkkonzentration von 250 g auf 300 g MAT/l Tränke erhöht.

Dies hatte eine Erhöhung der Elektrolytkonzentrationen und der isoosmotischen Na+K-Summenkonzentration der Basis-Tränke zur Folge. Die futterbezogene P-Zulage wurde ebenfalls gesteigert. Die Na-Zulage wurde aber dagegen verringert, um dieselbe isoosmotische Na+K-Summenkonzentration (0,50 %) in der Tränke wie in Versuchsabschnitt III einzuhalten.

In Tab. 9 sind die jeweiligen Elektrolytkonzentrationen (Na, K, P) sowie die isoosmotischen Na+K-Summen für die einzelnen Versuchsabschnitte in Prozent der Tränke angeführt.

3.1.3.3. Fütterung

Die Lämmer wurden den ganzen Versuch über mit einem sauren Milchaustauschfutter (Basis-Tränke) versorgt. Die Herstellung einer 95 %igen Milchaustauschfutter-Vormischung erfolgte auf der Anlage der Fa. Meggle Milchindustrie, Reitmehring. Diese Vormischung wurde auf der institutseigenen Mischanlage mit Mineral- und Wirkstoffen sowie Starterzucker auf 100 % ergänzt. Über die Zusammensetzung des sauren Milchaustauschfutters orientiert Tab. 10.

In der 10. Versuchswoche (19.12.80) mußte das Milchaustauschfutter nachgemischt werden. Hierzu wurden dieselben Rohstoffchargen verwendet wie bei der ersten Mischcharge.

Tabelle 10 Futterzusammensetzung (%)
Versuch II

Fettmolke 50, sprühgetrocknet ¹⁾	40,000
Edilak A 15 K ²⁾	30,000
Globulal 70 A ³⁾	20,000
Danpro A ⁴⁾	5,000
Starterzucker (Dextrose)	3,869
Magnesiumoxid	0,100
Eisenfumarat	0,020
Spurenelement-Vormischung ⁵⁾	0,030
Vitamin-Vormischung ⁶⁾	0,450
Chromoxid	0,500
Wirkstoff-Vormischung ⁷⁾	0,031
	100,000

1) Fettmolke 50:

sprühgetrocknete Mischung aus 50 % Süßmolkenpulver und 50 % Fett (20,0 % raff. geh. Seetierfett, 25,0 % raff. Rinderspeisetalg, 10,0 % Schweineschmalz, 20,0 % raff. Kalbsfett, 22,5 % Knochenfett, 2,5 % raff. Sojaöl).

2) Edilak A 15 K (Hersteller: Fa. Meggle Milchindustrie, Reitmehring):

teilentmineralisiertes, teilentzuckertes und mit Calciumformiat konserviertes Molkenpulver mit 15 % Fettanteil.

3) Globulal 70 A (Hersteller: Fa. Meggle Milchindustrie, Reitmehring):

ultrafiltriertes saures Molkenproteinkonzentrat

- 4) Danpro A
 Sojaproteinkonzentrat (ca. 65 % RP)
- 5) und 6) siehe Tab. 3: Fußnoten 4) und 5)
- 7) Wirkstoff-Vormischung enthält in 310 mg
 (= pro kg des fertigen MAT):
 240 mg Oxytetracyclin · HCl
 50 mg Furazolidon

In Tab. 11 werden die errechneten Mineralstoffkonzentrationen im Milchaustauschfutter den Analysewerten gegenübergestellt. Zur Berechnung der Elektrolytzulagen und der isosmotischen Na+K-Summenkonzentrationen wurden die analytischen Werte herangezogen.

Tabelle 11 Elektrolytgehalt im Milchaustauschfutter
 (% der lufttrockenen Substanz)

	Calcium	Phosphor	Natrium	Kalium	Chlorid
errechnet	0,86	0,64	0,35	1,11	
analysiert *)	0,93	0,62	0,34	1,10	1,3

*) Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
 Kiel Schreiben vom 01.04.1981, Gesch.-Z.: F.8702/so.
 8113/80/Bn

Wassergehalt und pH-Wert der Tränke wurden bei den verschiedenen Tränkkonzentrationen bestimmt und sind in Tab. 12 aufgeführt.

Tabelle 12 pH-Wert und Wassergehalt der Tränke bei unterschiedlichen Tränkkonzentrationen

g MAT/l Tränke	ml Tränkwasser/l Tränke	pH-Wert
200	870	4,22
250	840	4,18
300	800	4,13

Die durchschnittliche Tränkemenge pro Tier und Tag (errechnet aus der Boxenration) betrug während des gesamten Versuches ca. 2,5 Liter.

Die wöchentlich berechnete durchschnittliche Aufnahme von Natrium, Kalium und Phosphor (in g) pro Tier und Tag ist für die einzelnen Versuchsgruppen aus Tab. 13 zu entnehmen.

3.1.3.4. Versuchsverlauf

Allen Lämmern wurde 2 Tage nach Ankauf (24.09.1980) zur Lippengrind-Prophylaxe 1 ml Orph-Vakzine und 2 ml Inducer s.c. appliziert. Am folgenden Tag wurden nochmals je 2 ml Inducer s.c. injiziert.

Einen Tag darauf wiesen 3 Tiere die typischen Symptome von Ecthyma contagiosum auf, die nach einem weiteren Tag auch bei allen anderen Lämmern feststellbar waren. Daraufhin wurden den Tieren über 2 Tage je 2 ml Inducer s.c. verabreicht. Weiterhin wurden sie über 5 Tage hochdosiert mit Antibiotika i.m. versorgt. Die Schleimhauterosionen wurden lokal mit Jodtinktur und Sulfonamid-Lebertransalbe behandelt. Nach ca. einer Woche waren die Schleimhauterosionen

Durchschnittliche Aufnahme von Natrium, Kalium und Phosphor
(in g / Tier und Tag)

Versuchs- woche	Kontrolle			Na - Gruppe			P - Gruppe		
	Na	K	P	Na	K	P	Na	K	P
1.	2,1	6,9	3,9	4,3	6,9	3,9	1,9	6,0	10,8
2.	2,1	6,9	3,9	4,3	6,9	3,9	1,5	4,9	8,8
3.	2,1	6,9	3,9	4,3	6,9	3,9	2,0	6,4	11,5
4.	2,1	6,9	3,9	6,4	6,9	3,9	2,1	6,9	12,4
5.	2,1	6,9	3,9	6,4	6,9	3,9	2,1	6,9	12,4
6.	2,1	6,9	3,9	6,4	6,9	3,9	2,1	6,9	12,4
7.	2,1	6,9	3,9	8,4	6,9	3,9	2,1	6,9	12,4
8.	2,1	6,9	3,9	8,4	6,9	3,9	2,1	6,9	12,4
9.	2,6	8,3	4,7	7,5	8,3	4,7	2,6	8,3	14,9
10.	2,6	8,3	4,7	7,2	7,9	4,5	2,6	8,3	14,9
11.	2,6	8,3	4,7	4,9	5,4	3,0	2,6	8,3	14,9
12.	2,6	8,3	4,7	5,0	5,5	3,1	2,6	8,3	14,9

soweit abgeheilt, daß eine weitere Behandlung unterbleiben konnte. Trotz dieser Erkrankung war das Tränkverhalten der Tiere nicht gestört.

Während des Versuches verendeten 4 Lämmer. Die folgende Tab. 14 gibt einen Überblick über Gruppenzugehörigkeit und Todeszeitpunkt (Versuchswoche bzw. -tag).

Tabelle 14

Lamm Nr.	Gruppe	Versuchswoche	Versuchstag
5	Kontrolle	11.	75.
1	Na-Gruppe	11.	78.
8	Na-Gruppe	11.	75.
3	P-Gruppe	2.	13.

3.1.4. Versuchsauswertung

Wie aus den Versuchsanlagen zu Versuch I und Versuch II hervorgeht, werden alle Versuchstiere nicht individuell, sondern nach Versuchsgruppen getrennt buchtweise gefüttert. Insofern konnte für Futterverzehr und die Elektrolytaufnahme jeweils nur der Buchtmittelwert ermittelt werden.

Da die Tierzahl pro Bucht max. 4 Lämmer betrug, wurden in der Ergebnisbesprechung nur Mittelwerte (ohne Standardabweichung) angegeben. Alle Einzelwerte (Elektrolyt-Konzentrationen in Blutplasma, Kot und Harn sowie die Lebendmassedaten) finden sich in den Anhangstabellen. Wurde die Ausscheidung der Elektrolyte in Relation zur Aufnahme gesetzt, war ohnehin nur die Berechnung des Mittelwertes möglich. In den

Graphiken, in denen Mittelwerte angegeben werden, beziehen sich diese immer auf eine n-Zahl von ≥ 2 . Die Daten, welche für die Erstellung von Abbildungen verwendet werden, finden sich ebenfalls im Anhang.

3.2. Ergebnisse

3.2.1. Versuch I

3.2.1.1. Gewichtsentwicklung

Die durchschnittliche Lebendmasse (kg) der Gruppen zu Versuchsbeginn (VB) und am Ende eines jeden Versuchsabschnittes gibt die Tab. 15 wieder. Die Werte der wöchentlichen Einzelwiegungen sind der Anhangstabelle Tab. AI.1 zu entnehmen.

Tabelle 15 Gewichtsentwicklung
Lebendmasse (kg)

Gruppenmittelwerte mit zugehörigen Einzelwerten

Versuchs- woche	Kontrolle	Na-Gruppe	K-Gruppe	P-Gruppe
VB	10,5 (10,5; 14,8; 8,9; 7,8)	10,5 (12,4; 11,1; 8,5; 10,0)	10,5 (12,5; 11,1; 8,4; 9,8)	10,3 (8,6; 10,1; 15,4; 7,2)
4.	19,2 (15,5; 27,4; 18,3; 15,6)	22,1 (- ; 23,6; 20,5; -)	21,4 (24,2; 22,2; 20,0; 19,3)	20,2 (17,3; - ; 25,7; 17,5)
7.	27,2 (- ; 34,4; 25,2; 22,1)	29,1 (- ; 31,8; 26,4; -)	28,5 (33,8; - ; 27,4; 24,2)	23,2 (17,0; - ; 26,4; 26,2)
10.	32,2 (- ; 38,0; 30,9; 27,6)		35,8 (43,1; - ; 34,1; 30,2)	33,7 (- ; - ; - ; 33,7)

Die durchschnittlichen Gewichtszunahmen (g/Tag) der Gruppen wurden für die einzelnen Versuchsabschnitte getrennt berechnet. Hierbei wurden nur diejenigen Tiere berücksichtigt, die das Ende des entsprechenden Versuchsabschnittes auch erreichten. Über die durchschnittlichen Gewichtszunahmen orientiert

Übersicht 4.

Übersicht 4 Lebendmassezunahmen (g/Tag)
 der Versuchsgruppen getrennt nach Versuchs-
 abschnitten
 Tierzahl in Klammern

	Kontrolle	Na-Gruppe	K-Gruppe	P-Gruppe
Versuchsabschnitt I				
(1. - 4. Woche)	311 (4)	439 (2)	389 (4)	350 (3)
Versuchsabschnitt II				
(5. - 7. Woche)	324 (3)	333 (2)	348 (4)	143 (3)
Versuchsabschnitt III				
(8. - 10. Woche)	238 (3)		348 (3)	357 (1)

Im ersten Versuchsabschnitt dürften die Zunahmen aller 4 Gruppen in Anbetracht der unterschiedlichen Tierzahlen/Gruppe als gleich zu betrachten sein. In Versuchsabschnitt II fällt allein die geringe Zunahme der P-Gruppe auf. Dieser Mittelwert entsteht aus den geringen Werten (14 bzw. 33 g/Tag) von 2 Lämmern, die 2 bzw. 4 Tage nach Ende dieses Versuchsabschnittes verendeten. Das Überlebende Lamm wies in diesem Abschnitt eine Lebendmassezunahme von 414 g/Tag auf. Im dritten Versuchsabschnitt dürfte die mittlere Lebendmassezunahme der Kontrollgruppe geringer einzustufen sein als der korrespondierende Wert der K-Gruppe.

Offensichtlich beeinflußt die unterschiedliche Elektrolytversorgung während 10 Versuchswochen die Gewichtsentwicklung nicht.

Die Futteraufnahme ließ keine Unterschiede zwischen Gruppen erkennen (s. Tab. 6). Die angebotene Tränke wurde quantitativ aufgenommen. Allein in den letzten 2 Lebenswochen der beiden letzten überlebenden Lämmer der Na-Gruppe (9. und 10. Versuchswoche) war eine immer deutlicher werdende verringerte Futteraufnahme zu beobachten. Diese Verzehrsdepression fällt mit einer zu diesem Zeitpunkt bereits vorhandenen Hypernatriämie zusammen.

Es muß nicht gesondert betont werden, daß auch die anderen im Versuchszeitraum verendeten Lämmer während einer mehr oder weniger langen Periode vor ihrem Verenden weniger Futter verzehrten. Allein die quantitative Messung entzog sich wegen der "Gruppentränke" jeglicher Messung.

3.2.1.2. Elektrolytkonzentrationen im Blutplasma

Die Konzentrationen von Na, K, Cl, Ca und P in den gewonnenen Blutplasma-Proben sind im einzelnen in den Tab. AI. 2 - 6 angeführt. Die graphischen Darstellungen Abb. 1 - 5 geben einen Überblick über den Verlauf der genannten Elektrolytkonzentrationen im Blutplasma der einzelnen Lämmer.

Übersicht 5 gibt die zu Versuchsbeginn in den Blutplasma-Proben aller 16 Lämmer festgestellten mittleren Elektrolytkonzentrationen wieder.

Übersicht 5 Elektrolyt-Konzentration im Plasma bei
Versuchsbeginn (n = 16)
Mittelwert (Extremwerte in Klammern)
mmol/l

Na	K	Cl	P	Ca
152	5,1	102,5	3,60	2,96
(146-158)	(4,2-6,1)	(95,5-108,9)	(3,09-4,10)	(2,79-3,18)

Von dem in freier Pferchhaltung entwöhnten Lamm wurden parallel zum laufenden Versuch in wöchentlichen und 2wöchigen Abständen insgesamt 6 Blutplasma-Proben gewonnen. Die hieraus ermittelten durchschnittlichen Elektrolyt-Konzentrationen sind der Übersicht 6 zu entnehmen.

Übersicht 6 Elektrolyt-Konzentration im Plasma eines
entwöhnten Lammes
Mittelwert (Extremwerte in Klammern)

mmol/l

Na	K	Cl	P	Ca
152	4,7	103,4	3,81	2,68
(146-160)	(4,4-4,9)	(97,9-109,3)	(3,22-4,13)	(2,50-2,81)

Die Mittelwerte der Elektrolyt-Konzentrationen im Blutplasma der 3 überlebenden Kontroll-Lämmer aus allen analysierten Plasmaproben während der 1. - 7. Versuchswoche und 8. - 10. Versuchswoche sind in Übersicht 7 zusammengefaßt.

Übersicht 7 Elektrolyt-Konzentration im Plasma der
Kontrolle (n = 3)
Mittelwert (Extremwerte in Klammern)

	Na	K	Cl	P	Ca
1.- 7. Woche	152 (146-157)	5,0 (4,6-6,0)	103,0 (96,4-110,3)	3,75 (3,06-4,35)	2,98 (2,70-3,18)
8.-10. Woche	158 (149-170)	5,0 (4,4-5,5)	112,7 (103,1-122,1)	3,59 (3,02-4,23)	2,97 (2,64-3,24)

Die für die Kontrolle (n = 3) ermittelten durchschnittlichen Na- und Cl-Konzentrationen im Plasma waren in der 8. - 10. Versuchswoche höher als im Zeitraum 1. - 7. Versuchswoche (siehe Abb. 1 und 2).

In Versuchsabschnitt I (1. - 4. Versuchswoche) betrug die isoosmotische Na+K-Summenkonzentration in der Tränke der Kontrolle und P-Gruppe 0,23 %, in der Tränke der Na-Gruppe 0,36 % und in der Tränke der K-Gruppe 0,39 %. Innerhalb der ersten 4 Versuchswochen zeichnete sich bei jeweils 1 Tier der Kontrolle (8. Versuchstag), der Na-Gruppe (13. Versuchstag) und der P-Gruppe (15. Versuchstag) eine beginnende Hypernatriämie ab. Die betroffenen Lämmer der Na- und P-Gruppe verendeten noch im ersten Versuchsabschnitt. (In den zuletzt gewonnenen Blutplasma-Proben wurden Na-Konzentrationen von 228 bzw. 171 mmol/l analysiert.) Ein weiteres Lamm der Na-Gruppe verendete an den Folgen einer Urolithiasis. Bei diesem Tier lagen die Na-Konzentrationen im Bereich der Kontrollgruppenwerte. Das Kontrolltier mit Hypernatriämie (am Todestag, 221 mmol Na/l Plasma) verendete kurz nach Beginn von Versuchsabschnitt II.

Abb. 1

Verlauf der Na-Konzentrationen
im Blutplasma
(mmol / l)

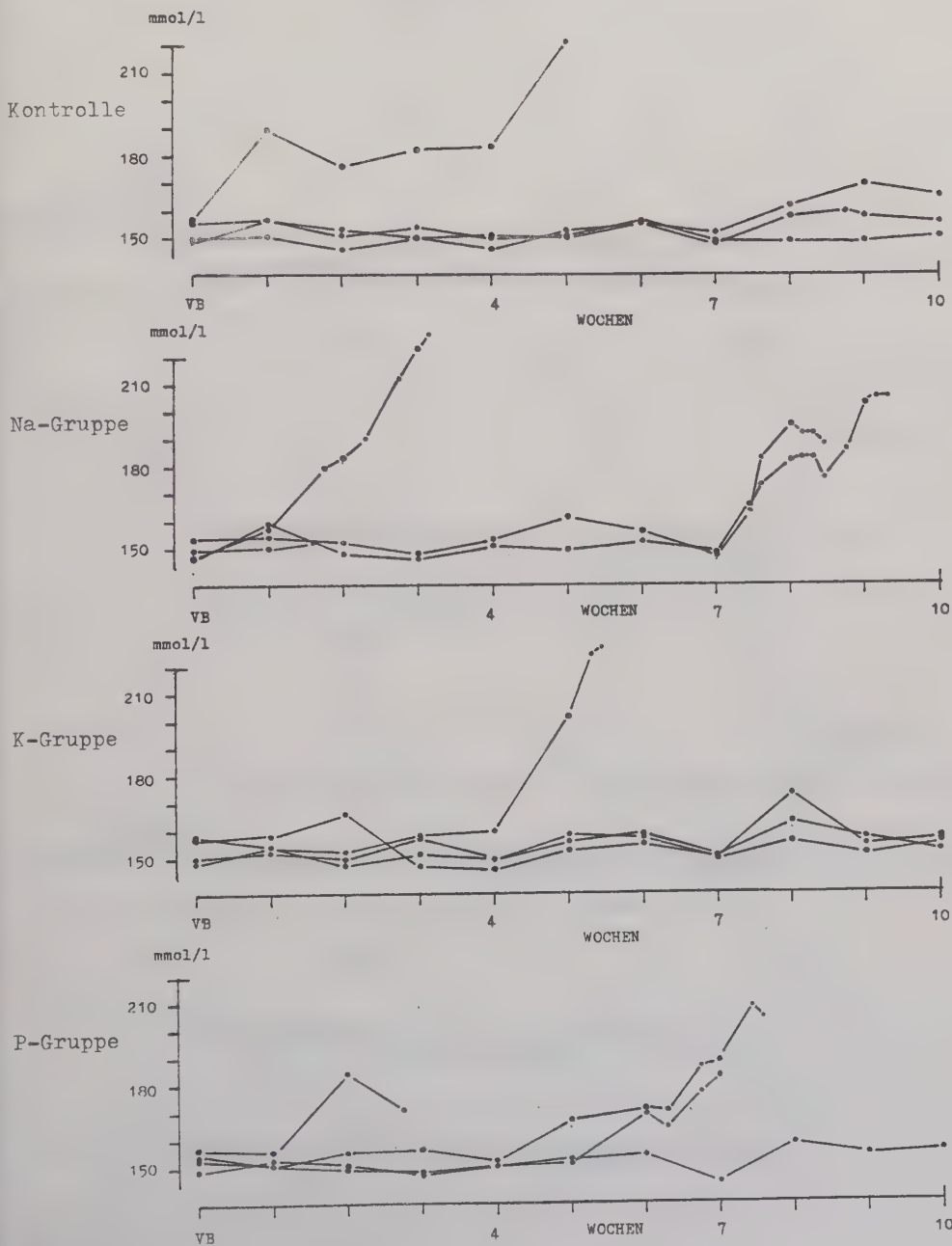


Abb. 2

Verlauf der Cl-Konzentrationen
im Blutplasma
(mmol / l)

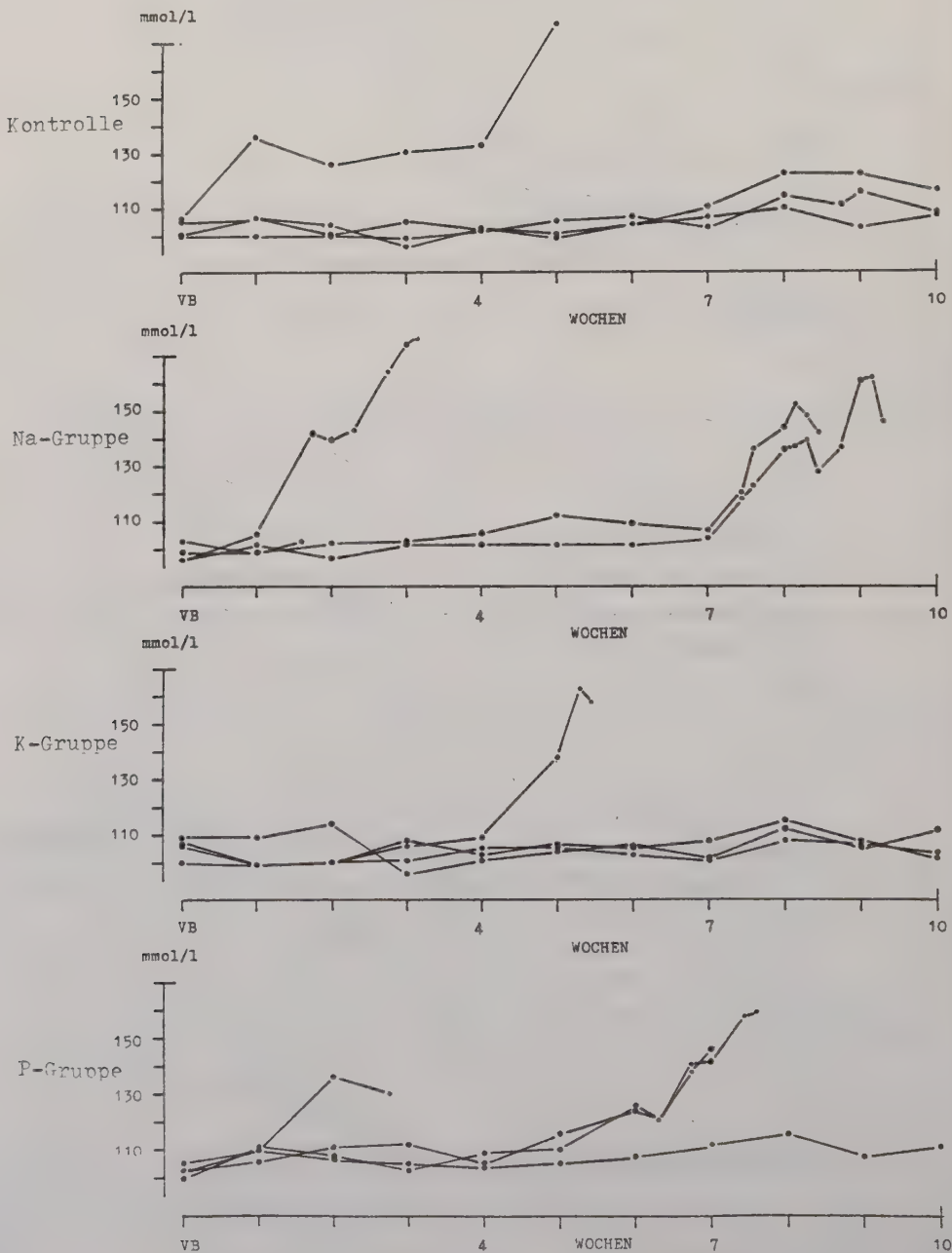


Abb. 3

Verlauf der K-Konzentrationen
im Blutplasma
(mmol / l)

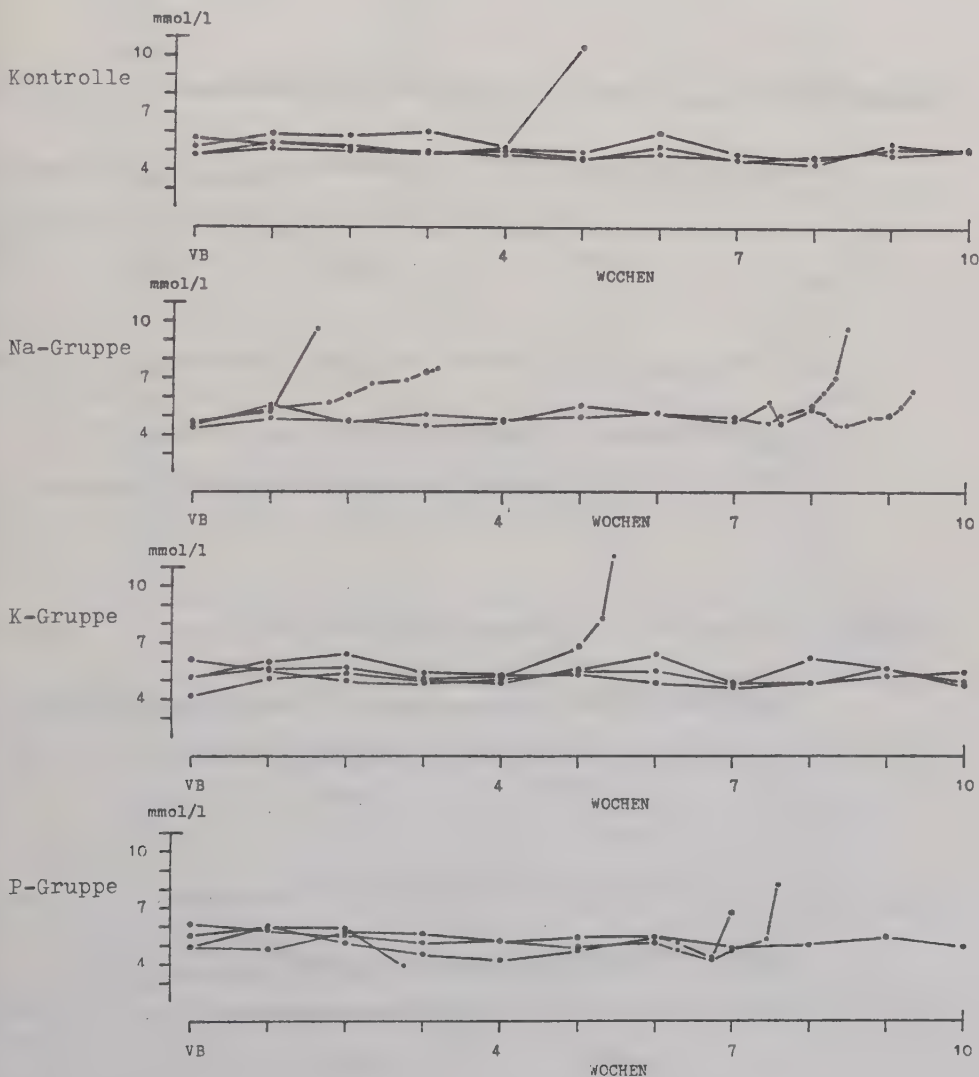


Abb. 4

Verlauf der P-Konzentrationen
im Blutplasma
(mmol / l)

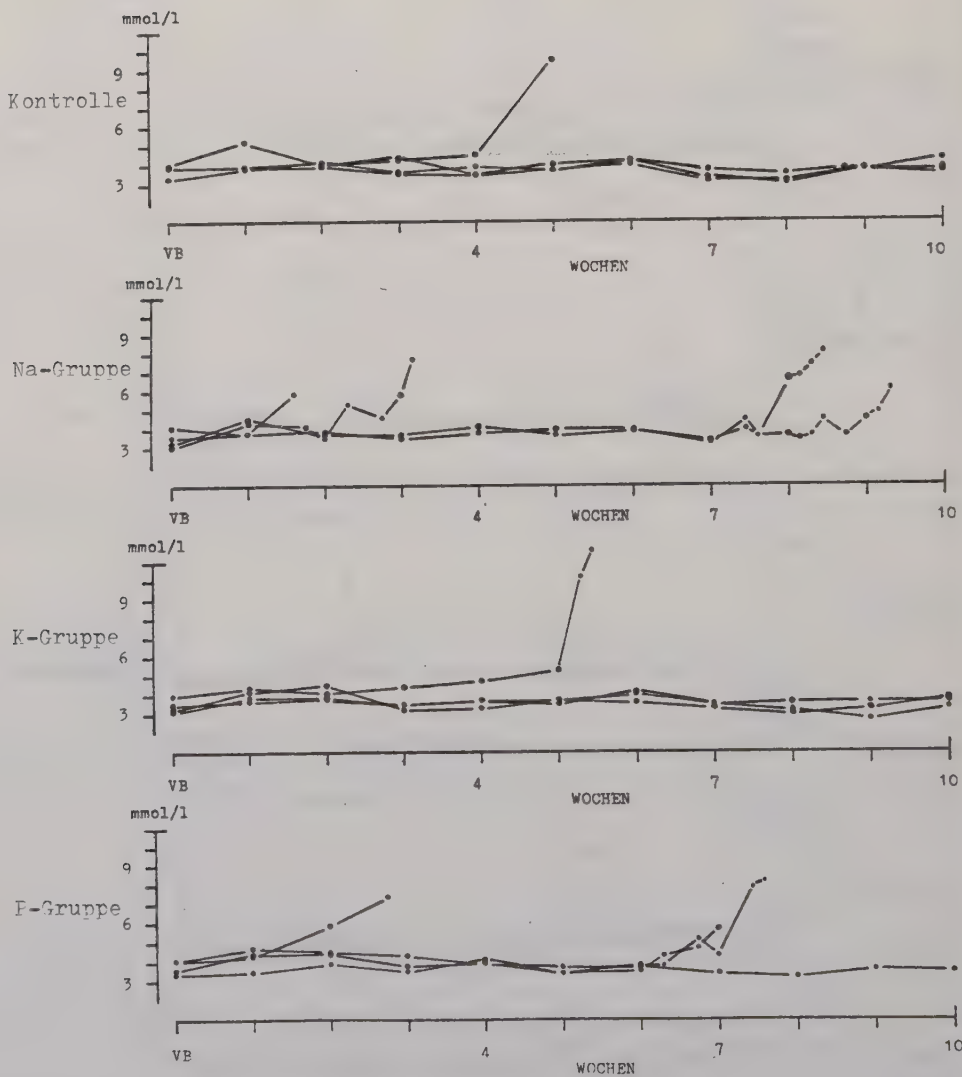
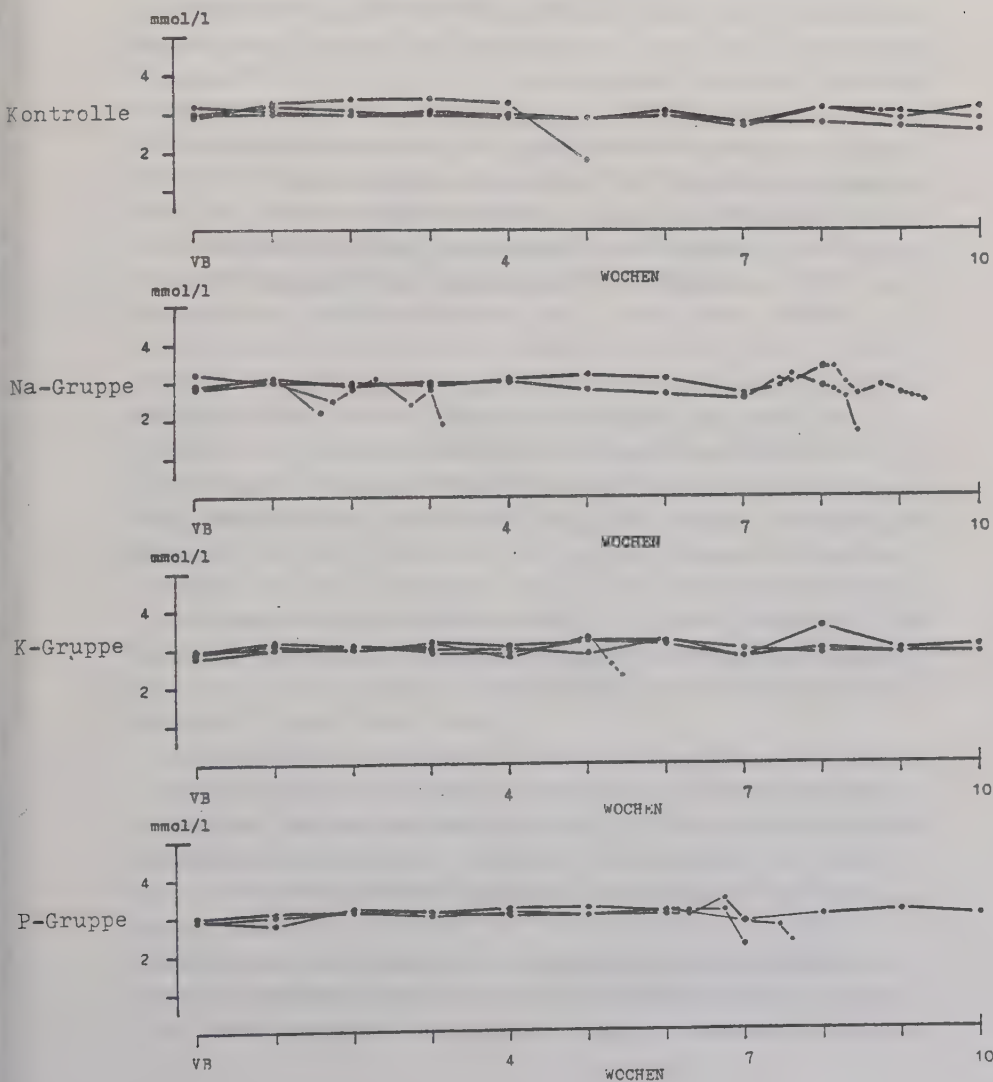


Abb. 5

Verlauf der Ca-Konzentrationen
im Blutplasma
(mmol / l)



In diesem Versuchsabschnitt (5. - 7. Versuchswoche) wies die Tränke der Kontrolle und P-Gruppe eine isoosmotische Na+K-Summenkonzentration von 0,29 %, die Tränke der Na- und K-Gruppe eine von 0,45 % auf. Am 39. Versuchstag starb ein Tier der K-Gruppe. In dem am selben Tag gewonnenen Blutplasma wurde eine Na-Konzentration von 227 mmol/l analysiert. Weiterhin deutete sich bei 2 Tieren der P-Gruppe am Anfang der 5. bzw. 6. Versuchswoche eine beginnende Hypernatriämie an. Beide Lämmer verendeten zu Beginn des Versuchsabschnittes III. Die Na-Konzentrationen in den zuletzt gewonnenen Blutplasma-Proben lagen bei 204 bzw. 183 mmol/l. Im Gegensatz dazu wiesen die beiden verbliebenen Tiere der Na-Gruppe keine Anzeichen einer Hypernatriämie auf.

In Versuchsabschnitt III (8. - 10. Versuchswoche) wurden durch Erhöhung der Tränkkonzentration und der Elektrolytzulagen isoosmotische Na+K-Summenkonzentrationen von 0,35 % (Kontrolle, P-Gruppe) bzw. 0,54 % (Na- und K-Gruppe) in der Tränke erreicht. Bereits 4 Tage nach Erhöhung der isoosmotischen Summenkonzentration zeichnete sich bei den verbliebenen Tieren der Na-Gruppe eine beginnende Hypernatriämie ab. Nach 7 bzw. 14 Tagen verendeten die Lämmer. Die zuletzt analysierten Blutplasma-Proben ergaben Na-Konzentrationen von 188 bzw. 205 mmol/l.

Am 57. Versuchstag wurden bei 2 Lämmern der K-Gruppe Na-Konzentrationen von 173 und 163 mmol/l Plasma gemessen. Eine Woche darauf waren die Konzentrationen auf 154 und 157 mmol Na/l abgefallen. Ähnliche Beobachtungen konnten auch bei den Lämmern der Kontrolle gemacht werden.

Zusammenfassend darf festgehalten werden, daß mit den Anzeichen einer Hypernatriämie alle (3 von 3) Lämmer der Na-Gruppe verendeten, 3 von 4 Lämmern der P-Gruppe sowie je-

weils 1 Lamm der Kontroll- und der K-Gruppe. Dabei fällt auf, daß unabhängig von der Na-Versorgung die anfänglich verwendeten Tiere (jeweils ein Tier der Kontroll-, Na- und K-Gruppe) deutlich höhere Na-Plasmaspiegel erreichten, als selbst die zu Versuchsende verwendeten Tiere der Na-Gruppe.

Unabhängig von Versuchsabschnitt und Versuchsgruppe konnte festgestellt werden, daß die Cl-Konzentrationen im Blutplasma nahezu parallel zu den Na-Konzentrationen verliefen (Abb. 2). Besonders deutlich wird dies bei den Lämmern, die letztlich an einer Hypernatriämie verwendeten. Während des Versuches verwendeten insgesamt 8 Lämmer unter den Anzeichen einer Hypernatriämie. Bei 7 von diesen Lämmern konnte beobachtet werden, daß ansteigende Na-Konzentrationen im Blutplasma von zunehmenden K- und P-Konzentrationen und abfallenden Ca-Konzentrationen begleitet waren (Abb. 3, 4 und 5). Ein einzelnes Lamm (P-Gruppe, verwendet am 20. Versuchstag) zeigte erhöhte P-Konzentration und erniedrigte K-Konzentration sowie keine Veränderung der Ca-Konzentration.

Diese "Beziehung" zwischen Na-Konzentration einerseits und K-, P- und Ca-Konzentration andererseits ist jedoch längst nicht so deutlich wie die Beziehung zwischen Na- und Cl-Konzentration im Blutplasma.

Ab dem 13. Versuchstag wurde die innere Körpertemperatur der Lämmer der Na-Gruppe (rektal) bestimmt. Es konnte festgestellt werden, daß mit zunehmender Hypernatriämie auch höhere Körpertemperaturen gemessen wurden. Die höchsten Körpertemperaturen ($40,8^{\circ}\text{C}$; $41,9^{\circ}\text{C}$; $41,2^{\circ}\text{C}$) ließen sich jedoch nicht eindeutig den analysierten Höchstwerten der Na-Konzentrationen im Blutplasma zuordnen.

Der Anstieg der Na-Konzentrationen im Blutplasma ist als Folge der Elektrolytübersorgung anzusehen. Deshalb ist es erforderlich, vergleichend zu den Elektrolyt-Plasmakonzentrationen den Umfang der faecalen und renalen Elektrolytausscheidung zu betrachten.

3.2.1.3. Faecale Na-K- und Wasser-Ausscheidung

Über die Gruppenmittelwerte der faecalen Na-K- und Wasser-Ausscheidung in Prozent der Aufnahme orientiert Tab. 16.

Vergleicht man die Kotwasserausscheidung mit der faecalen Elektrolytausscheidung, so fällt auf, daß erhöhte Kotwasserausscheidungen auch mit einer Steigerung der Na- und K-Ausscheidung über den Kot verbunden waren.

Die Na- und K-Aufnahme der Kontrollgruppe und der P-Gruppe war gleich (s. Tab. 6). In beiden Gruppen stieg der Anteil der Kotwasserausscheidung bezogen auf die Wasseraufnahme (Tab. 16) während des Versuches an. Dabei wurden in der P-Gruppe relativ früher höhere Wassermengen über den Kot ausgeschieden als in der Kontrollgruppe. Diese Feststellung gilt auch für die Elektrolyte Na und K.

Na- und K-Gruppe schieden trotz der höheren Elektrolytaufnahmen eher weniger Natrium bzw. Kalium (in % der Aufnahme) über den Kot aus als die anderen Gruppen. Dasselbe trifft auf die Kotwasserausscheidung zu, allerdings besonders deutlich nur in der K-Gruppe.

Aus den Daten der Tab. 16 geht weiter hervor, daß der Gastrointestinaltrakt nicht maßgeblich zu einer Entlastung des Organismus bei erhöhter Na- oder K-Aufnahme beiträgt.

Tab. 16

Faecale Na-, K- und Wasser(W) - Ausscheidung

Gruppenmittelwerte
(in % der Aufnahme)

Versuchs- woche	Kontrolle			Na - Gruppe			K - Gruppe			P - Gruppe		
	n ⁺	Na	K	W	n ⁺	Na	K	W	n ⁺	Na	K	W
1.	4	6,05	3,93	2,01	4	0,94	1,92	1,20	4	3,75	1,39	1,38
2.	4	6,86	6,75	1,86	3	3,95	2,63	1,35	4	4,22	3,09	1,44
3.	4	4,23	5,11	1,53	3	8,52	5,08	1,88	4	6,32	4,03	1,74
4.	4	7,87	5,71	1,73	2	0,62	1,70	0,97	4	3,01	3,08	1,60
5.	4	4,30	5,12	2,22	2	0,82	1,45	1,33	4	5,02	2,75	2,11
6.	3	2,60	4,37	2,30	2	1,94	2,21	1,68	3	2,97	3,09	2,13
7.	3	11,12	15,94	5,16	2	1,76	5,63	2,39	3	3,72	4,57	2,83
8.	3	10,57	14,06	4,96	2	7,79	13,89	4,79	3	2,76	4,04	2,54
9.	3	11,21	14,33	4,60	1	10,08	7,40	3,81	3	2,41	2,69	2,57
10.	3	10,87	8,65	4,00					3	2,94	4,05	3,28

n⁺ = Tierzahl

Die in der Kontrollgruppe in % der Aufnahme ausgeschiedenen Na- und K-Mengen sind eher höher als die diesbezüglichen Werte der Na- und K-Gruppe, obwohl hier die 2- bis 3fach höheren Na- bzw. K-Mengen aufgenommen wurden.

Als "Ausscheidungsorgane" für Elektrolyte konkurrieren offensichtlich Dickdarm und Niere um den Elektrolytträger Wasser.

Bei einer Gegenüberstellung der Gruppenmittelwerte der faecalen Elektrolyt- und Wasserausscheidung (% der Aufnahme) und der renalen Elektrolytausscheidung (Elektrolyt/Kreatinin-Quotient) läßt sich bei der Kontrolle (4. und 7. - 10. Versuchswoche), bei der K-Gruppe (5. Versuchswoche), bei der Na-Gruppe (3. und 8. - 9. Versuchswoche) und bei der P-Gruppe (5. - 7. Versuchswoche) erkennen, daß eine erhöhte faecale Elektrolyt- und Wasserausscheidung mit einer Verringerung der renalen Na-Ausscheidung verbunden war. Gleichzeitig konnten bei einem oder mehreren Tieren in den genannten Zeiträumen erhöhte Na-Konzentrationen im Blutplasma festgestellt werden.

3.2.1.4. Renale Elektrolytausscheidung und pH-Werte im Harn

Die Na-, K-, Cl- und P-Konzentrationen in den gewonnenen Spontanharn-Proben sind im einzelnen in den Tab. AI 10 - 13 aufgeführt.

Die unterschiedliche Versorgung der Na- und K-Gruppe sowie der Kontrollgruppe mit Natrium und Kalium wird in den Na- und K-Konzentrationen des Harns wiedergespiegelt. So ist beispielsweise in der 7. Versuchswoche für die Na-Gruppe als Gruppenmittelwert eine Na-Konzentration von 375

mmol/l Harn zu ermitteln. Im selben Zeitraum betrug die mittlere Na-Konzentration im Harn der K-Gruppe und Kontrolle 215 mmol/l bzw. 138 mmol/l. Ebenfalls in der 7. Versuchswoche kann in den Spontanharnproben der K-Gruppe eine mittlere K-Konzentration von 291 mmol/l gegenüber 222 mmol/l (Kontrolle) und 141 mmol/l (Na-Gruppe) festgestellt werden.

Im Gegensatz dazu sind trotz erheblich größerer P-Aufnahmen die P-Konzentrationen im Harn der P-Gruppe kaum erkennbar größer als bei der Kontrolle. Als Beispiel sei die mittlere P-Konzentration in den Spontanharnproben des 22. und 26. Versuchstages genannt (P-Gruppe: 36,4 mmol/l, Kontrolle 33,2 mmol/l).

Bei allen Gruppen konnte zum Versuchsende hin eine Zunahme der Kreatininkonzentrationen (s. Tab. AI 14) im Spontanharn festgestellt werden. Im Versuchsabschnitt I betrug der Mittelwert aller analysierter Kreatininkonzentrationen 3,30 mmol/l Harn. Im Gegensatz dazu war in Versuchsabschnitt III die mittlere Kreatininkonzentration mit 13,88 mmol/l Harn deutlich höher.

Da das Tränkangebot nicht der Gewichtsentwicklung der Tiere angepaßt wurde und durch abschnittsweise Erhöhung der Tränkkonzentration das Wasserangebot zusätzlich abnahm, konnten die Lämmer nur durch Steigerung der Harnkonzentration im Übermaß aufgenommene Elektrolyte ausscheiden.

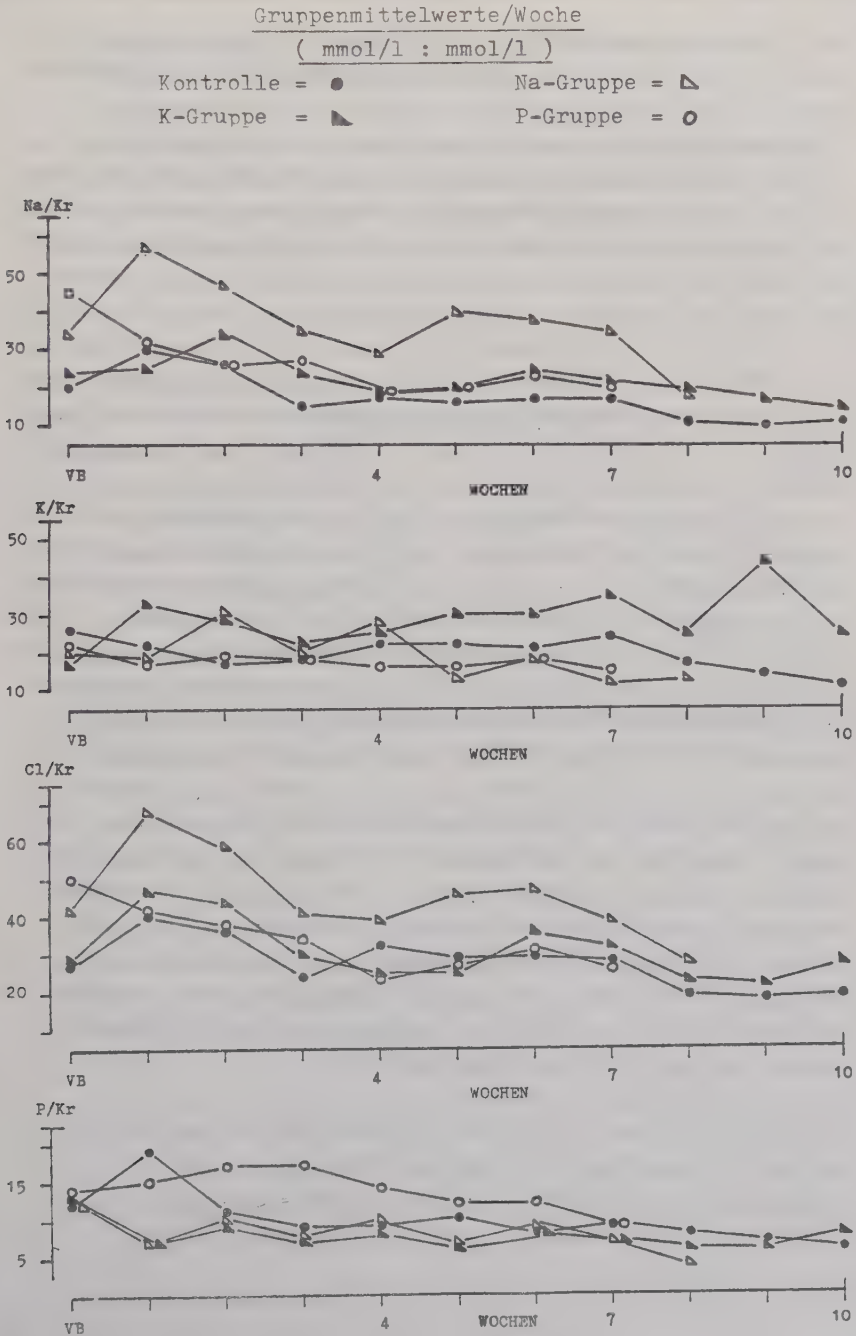
Die Elektrolytkonzentrationen sind jedoch diureseabhängig und somit als Maß für die renale Elektrolytausscheidung nur wenig aussagefähig. Um den Einfluß der Diurese auf diese Werte zu korrigieren, wurden die Elektrolytkonzentrationen auf die Kreatininkonzentration im Harn bezogen (BOEHNCKE, RIEDER, 1974), da Kreatinin diureseunabhängig

ausgeschieden wird. Der Elektrolyt/Kreatinin-Quotient wird als Maß der renalen Elektrolytausscheidung betrachtet.

Die Gruppenmittelwerte der Na, K, P und Cl/Kreatinin-Quotienten (Elektrolyt/Kr-Quotient) pro Woche sind im einzelnen den Tab. AI 16 - 19 zu entnehmen. Mit Ausnahme des Versuchsbeginns (VB) liegen den errechneten Gruppenmittelwerten / Woche 2 Einzelwerte pro Tier zugrunde. Der Verlauf der Elektrolyt/Kreatinin-Quotienten ist in Abb. 6 graphisch dargestellt.

Die renale Na- und Cl-Ausscheidung der Na-Gruppe lag in den ersten 2 Versuchsabschnitten deutlich über den anderen Gruppen. Betrachtet man abschnittsweise den Verlauf der Na/Kr- und Cl/Kr-Quotienten, so fällt auf, daß sowohl in Versuchsabschnitt I als auch II die Na-Gruppe die Erhöhung der Na- und Cl-Tränkkonzentration zunächst mit einer Steigerung der Na- und Cl-Ausscheidung über den Harn beantwortete. Anschließend nahmen trotz gleichbleibender Elektrolytzufuhr die ermittelten Quotienten ab. Auf die Erhöhung der Na- und Cl-Tränkkonzentration zu Beginn von Versuchsabschnitt III (8. Versuchswoche) reagierten die Lämmer der Na-Gruppe nicht mehr mit einer Steigerung der renalen Ausscheidung. Vielmehr konnte zu diesem Zeitpunkt eine zunehmende Verringerung der Na- und Cl-, aber auch der P- und K-Ausscheidung über den Harn festgestellt werden. Parallel zu dieser Abnahme der renalen Exkretion wurden steigende Na-Konzentrationen im Blutplasma, sowie eine Zunahme der faecalen Na-, K- und Wasser-Ausscheidung (in % der Aufnahme) ermittelt. In der 9. Versuchswoche war aufgrund Verzehrsdepression (Na-Gruppe) die Na-Aufnahme geringer als in der 7. Versuchswoche (s. Tab. 6).

Abb. 6
Verlauf der Na-, K-, Cl- und P/Freatinin - Quotienten im Spontanharn



Über den Gesamt-Versuchsverlauf gesehen ließ sich trotz abschnittsweiser Erhöhung der Na- und Cl-Tränkkonzentrationen bei der Na-Gruppe eine starke Abnahme der Na/Kr- und Cl/Kr-Quotienten feststellen. Auch bei den anderen Gruppen ließ sich diese Tendenz zu immer kleineren Na/Kr- und Cl/Kr-Quotienten während des Versuches erkennen. Als Beispiel seien die Mittelwerte der Na/Kr-Quotienten der Kontrolle angeführt: Sie betrugen in Abschnitt I 21,4, Abschnitt II 16,8 und in Abschnitt III 10,5.

Vergleicht man die renale K-Ausscheidung der Gruppen, so wiesen die Lämmer der K-Gruppe in Versuchsabschnitt I deutlich höhere K/Kr-Quotienten als Kontrolle und P-Gruppe auf. Im Gegensatz dazu waren die K/Kr-Quotienten der Na-Gruppe denen der K-Gruppe ab der 2. Versuchswoche annähernd gleich. Der Mittelwert der K/Kr-Quotienten des Versuchsabschnittes I betrug bei der K-Gruppe 27,4, bei der Na-Gruppe 24,3, bei der Kontrolle 19,7 und bei der P-Gruppe 17,4. Die Erhöhung der K-Tränkkonzentration im Versuchsabschnitt II beantwortete die K-Gruppe mit einer Steigerung der renalen K-Ausscheidung (mittlerer K/Kr-Quotient 31,7). Zu Beginn des anschließenden Versuchsabschnittes III sank der K/Kr-Quotient der K-Gruppe zunächst ab. Gleichzeitig (8. Versuchswoche) wurden für alle K-Lämmer höhere Na-Konzentrationen im Blutplasma ermittelt. In der folgenden 9. Versuchswoche wurde die renale K-Ausscheidung erhöht (Quotient annähernd verdoppelt), während die analysierten Na-Konzentrationen im Blutplasma abnahmen. Ein erneutes Absinken (10. Versuchswoche) der K/Kr-Quotienten war nicht mit auffälligen Veränderungen der Elektrolytkonzentrationen im Blutplasma verbunden.

Betrachtet man den Verlauf der K/Kr-Quotienten der K-Gruppe, so läßt sich bis zum Ende des Versuchsabschnittes II eine Steigerung der renalen K-Ausscheidung erkennen. In

Versuchsabschnitt III weist die K-Ausscheidung starke wöchentliche Schwankungen auf.

Bei der Beurteilung der renalen P-Ausscheidung zeigt sich, daß die P/Kr-Quotienten der P-Gruppe bis zur 6. Versuchswoche deutlich über denen der anderen Gruppen lagen. In diesem Zeitraum konnte für die P-Gruppe und Kontrolle ein mittlerer P/Kr-Quotient von 14,4 bzw. 11,1 ermittelt werden. Die P-Gruppe ließ jedoch bereits ab der 4. Versuchswoche eine zunehmende Verringerung der P-Ausscheidung erkennen. Ein ebenso starker Rückgang der renalen Na-, Cl- und K-Ausscheidung war bei der P-Gruppe nicht erkennbar.

Verfolgt man die renale Elektrolytausscheidung der Kontrolle, so zeichnete sich ab der 8. Versuchswoche eine zunehmende Verringerung der Na-, K-, Cl- und P-Ausscheidung ab. Gleichzeitig konnten bei 2 Lämmern erhöhte Na-Konzentrationen im Blutplasma beobachtet werden. Von der 7. Versuchswoche an nahm auch die faecale Na-K- und Wasser-Ausscheidung zu, was in Anbetracht der insgesamt angestiegenen Na- und K-Zufuhr auch nicht sonderlich überrascht.

Die in den einzelnen Spontanharn-Proben gemessenen pH-Werte werden als Gruppenmittelwerte/Woche in Tab. 17 aufgeführt.

Tabelle 17 pH-Werte im Spontanharn
(Gruppenmittelwerte/Woche)

Versuchs- woche	Kontrolle		Na-Gruppe		K-Gruppe		P-Gruppe	
	Tier- zahl		Tier- zahl		Tier- zahl		Tier- zahl	
VB ^{a)}	4	6,10	4	5,89	4	5,61	4	6,09
1.	4	5,60	4	6,01	4	6,16	4	5,64
2.	4	5,64	3	5,98	4	6,63	4	5,60
3.	4	5,47	3	5,70	4	6,04	b)	5,48
4.	4	5,41	2	5,58	4	6,45	3	5,37
5.	4	5,63	2	5,58	4	6,49	3	5,48
6.	3	5,55	2	5,44	3	6,47	3	5,47
7.	3	5,90	2	5,69	3	7,03	3	5,57
8.	3	5,63	2	5,68	3	6,94	1	5,70
9.	3	5,59	1	5,57	3	7,57	1	5,49
10.	3	5,46			3	6,10	1	5,71

a) Zur Berechnung des Gruppenmittelwertes (VB) wurde nur ein Wert/Tier herangezogen

b) Von 1 Lamm konnte nur ein Wert in den Gruppenmittelwert/Woche einbezogen werden.

Besonders auffallend sind die im Vergleich zu den anderen Gruppen während des gesamten Versuchsverlaufes deutlich höheren Harn pH-Werte der K-Gruppe. Stellt man die pH-Werte den K/Kr-Quotienten im Harn gegenüber, so läßt sich erkennen, daß bei Vorliegen hoher K/Kr-Quotienten auch hohe pH-Werte gemessen wurden. Ganz offensichtlich erfolgt die Sekretion von K im distalen Nierentubulus überwiegend, wenn nicht nahezu ausschließlich im Austausch gegen H^+ . Dies wird dadurch bestätigt, daß die Na-Ausscheidung (bzw. der Na/Kr-Quotient) durch eine hohe K-Gabe bzw. -Ausscheidung nicht verändert wird.

3.2.2. Versuch II

Der Versuchsbeginn des Versuches II wurde auf einen Mittwoch gelegt, so daß bei Beibehaltung des wöchentlichen Zeitplanes zur Probennahme analog Versuch I (s. 3.1.1.4.) die "1. Versuchswoche" um einen Tag verlängert wurde.

3.2.2.1. Gewichtsentwicklung

Die zu Versuchsbeginn und am Ende eines jeden Versuchsabschnittes ermittelte durchschnittliche Lebendmasse der Gruppen ist der Tab. 18 zu entnehmen. Über die Werte der wöchentlichen Einzelwiegungen orientiert Tab. AII.1.

Tabelle 18 Gewichtsentwicklung
 Lebendmasse (kg)
 Gruppenmittelwerte mit zugehörigen Einzelwerten

Versuchswoche	Kontrolle	Na-Gruppe	P-Gruppe
VB	17,3 (19,7; 14,1; 17,2; 18,2)	18,5 (15,3; 21,4; 18,8)	18,5 (20,7; 18,3; 16,4)
3.	25,8 (29,4; 21,7; 24,1; 27,9)	26,6 (22,6; 29,7; 27,4)	24,6 (- ; 25,6; 23,6)
6.	31,7 (35,8; 27,2; 30,7; 33,2)	30,8 (25,0; 35,8; 31,7)	30,7 (- ; 30,4; 30,9)
8.	36,0 (38,9; 32,6; 34,4; 37,9)	35,2 (28,8; 38,3; 38,5)	34,8 (- ; 34,9; 34,6)
12.	42,8 (45,9; 36,2; - ; 46,2)	41,0 (- ; 41,0; -)	40,7 (- ; 39,6; 41,7)

Die durchschnittlichen Gewichtszunahmen (g/Tag) der Gruppen wurden für die einzelnen Versuchsabschnitte getrennt berechnet. Hierbei konnten nur diejenigen Tiere berücksichtigt werden, die das Ende des entsprechenden Versuchsabschnittes erreichten. Über die durchschnittlichen Gewichtszunahmen orientiert Übersicht 8.

Übersicht 8 Lebendmassezunahmen (g/Tier)
 der Versuchsgruppen getrennt nach Versuchs-
 abschnitten
 Tierzahl in Klammern

	Kontrolle	Na-Gruppe	P-Gruppe
Versuchsabschnitt I (1. - 3. Woche)	386 (4)	368 (3)	327 (2)
Versuchsabschnitt II (4. - 6. Woche)	281 (4)	200 (3)	290 (2)
Versuchsabschnitt III (7. - 8. Woche)	307 (4)	314 (3)	293 (2)
Versuchsabschnitt IV (9. - 12. Woche)	225 (3)	96 (1)	211 (2)

Die größten Gewichtszunahmen sind bei allen Gruppen im Versuchsabschnitt I ermittelt worden. Dies kann ganz allgemein schon dadurch erklärt werden, daß während der Versuchsabschnitte I - III eine durchschnittliche Futtermenge von 625 g/Tier und Tag beibehalten und diese nicht der Gewichtsentwicklung der Tiere angepaßt wurde. In Versuchsabschnitt IV kam es zu einer Steigerung des Futterangebotes (750 g/Tier und Tag). Da gleichzeitig aber die Tränkemenge nicht erhöht wurde, war die relative (und ab-

solute, s. Tab. 12) Wasserversorgung eher vermindert. Damit läßt sich die im letzten Versuchsabschnitt bei der Kontrolle und P-Gruppe trotz angehobener Nährstoffversorgung weiter abgefallene Gewichtsentwicklung in Zusammenhang bringen. Die Na-Gruppe war in diesem Zeitraum nur mehr durch 1 Tier repräsentiert. Für dieses Lamm konnten in der 9. - 10. Versuchswoche noch Gewichtszunahmen von 171 g/Tag, in der 11. - 12. Versuchswoche nur mehr von 21 g/Tag gemessen werden. Im letztgenannten Zeitabschnitt wurden ca. 35 % der angebotenen Tränke zurückgemessen.

3.2.2.2. Elektrolytkonzentrationen im Blutplasma

Die Konzentrationen an Na, K, Cl, Ca und P im Blutplasma sind im einzelnen den Tab. AII 2 - 6 zu entnehmen. Einen Überblick über den Verlauf der Plasmakonzentrationen geben die graphischen Darstellungen Abb. 7 - 11.

In der Übersicht 9 sind die zu Versuchsbeginn in den Blutplasmaproben aller Lämmer festgestellten mittleren Elektrolytkonzentrationen aufgeführt.

Übersicht 9 Elektrolyt-Konzentration im Blutplasma
bei Versuchsbeginn (n = 10)
Mittelwert (Extremwerte in Klammern)

mmol/l

Na	K	Cl	P	Ca
156	4,9	108,1	3,80	2,97
(152-158)	(4,4-5,4)	(101,1-114,3)	(3,18-4,44)	(2,69-3,21)

Die Mittelwerte der Elektrolyt-Konzentrationen im Blutplasma der 3 überlebenden Kontroll-Lämmer aus allen analysierten Plasmaproben während der 1. - 8. Versuchswoche und 9. - 12. Versuchswoche sind in Übersicht 10 zusammengefaßt.

Übersicht 10 Elektrolyt-Konzentration im Blutplasma der Kontrolle (n = 3)
Mittelwert (Extremwerte in Klammern)

	Na	K	Cl	P	Ca
1.- 8. Woche	152 (148-158)	4,8 (4,2-5,6)	105,1 (100,4-109,0)	3,62 (3,11-4,44)	3,02 (2,69-3,17)
9.-12. Woche	154 (148-161)	4,5 (4,0-5,7)	112,7 (103,3-128,1)	3,25 (2,94-3,88)	2,89 (2,68-3,01)

Die für die Kontrolle (n = 3) ermittelten durchschnittlichen Na- und Cl-Konzentrationen im Plasma waren in der 9. - 12. Versuchswoche höher als im Zeitraum 1. - 8. Versuchswoche (s. Abb. 7 und 8), während die K-, P- und Ca-Konzentrationen in der 9. - 12. Versuchswoche geringer waren als in den vorangegangenen Versuchswochen.

In Versuchsabschnitt I betrug die isoosmotische Na+K-Summenkonzentration in der Tränke der Kontrolle und P-Gruppe 0,25 % und in der Tränke der Na-Gruppe 0,33 %. Am 9. Versuchstag waren die Na-Konzentrationen im Plasma aller Versuchstiere mit Ausnahme eines Lammes der P-Gruppe deutlich geringer als zu Versuchsbeginn. Aus den Werten von 9 Tieren ließ sich eine mittlere Na-Konzentration von 151 mmol/l (149 - 154 mmol/l) errechnen. Zu diesem Zeitpunkt konnte

im Blutplasma eines Tieres der P-Gruppe bereits eine Konzentration von 169 mmol Na/l gemessen werden. Innerhalb von 3 Tagen stieg die Na-Konzentration bis 175 mmol/l. Einen Tag darauf verendete das Lamm.

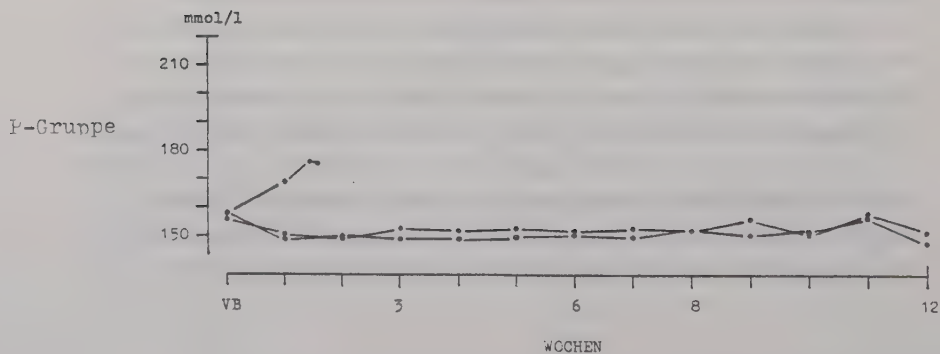
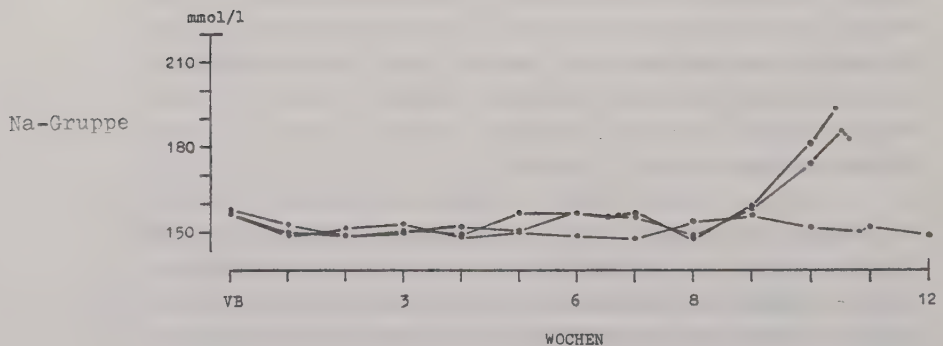
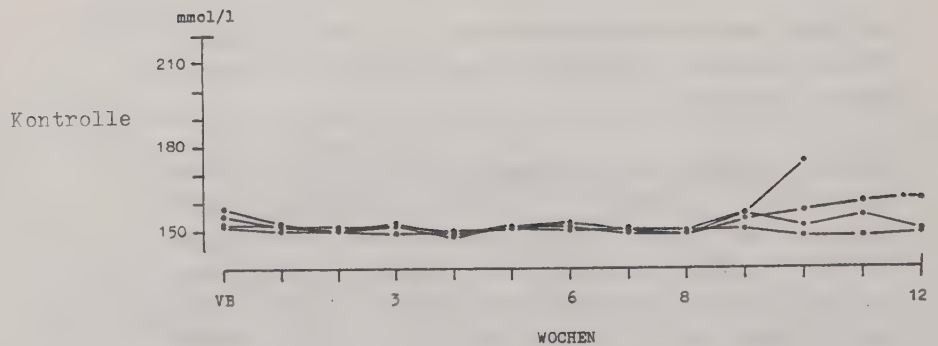
Bei allen anderen Lämmern konnten in diesem Versuchsabschnitt keine erhöhten Na-Konzentrationen im Plasma festgestellt werden.

In den folgenden Versuchsabschnitten II (4. - 6. Woche) und III (7. - 8. Woche) blieb die isoosmotische Summenkonzentration in der Tränke der Kontrolle und P-Gruppe mit 0,25 % gleich, während durch vermehrte NaCl-Zulage die isoosmotische Na+K-Summenkonzentration in der Tränke der Na-Gruppe auf 0,42 % und schließlich 0,50 % erhöht wurde. In diesem Zeitraum wiesen 2 Lämmer der Na-Gruppe am 37. und 44. bzw. 44. und 57. Versuchstag höhere Na-Plasmakonzentrationen (157 mmol/l) auf. Am Ende des Versuchsabschnittes III konnten bei diesen Tieren nur mehr Na-Konzentrationen von 149 bzw. 148 mmol/l Plasma nachgewiesen werden.

In Versuchsabschnitt IV (9. - 12. Woche) wurde die Tränkkonzentration von 250 auf 300 g MAT/l Tränke gesteigert. Dies erhöhte die isoosmotische Na+K-Summenkonzentration in der Tränke der Kontrolle und P-Gruppe auf 0,30 %. Im Gegensatz dazu wurde durch Reduzierung der NaCl-Zulage eine isoosmotische Na+K-Summenkonzentration von 0,50 % in der Tränke der Na-Gruppe beibehalten. Die Erhöhung der Tränkkonzentration war gleichzeitig mit einer Reduzierung des Wasserangebotes von 840 auf 800 ml/l Tränke verbunden.

Bereits nach einer Woche zeichnete sich bei einem Lamm der Kontrolle und 2 Lämmern der Na-Gruppe eine beginnende Hybernatriämie ab. Das Kontrolltier verendete am 75.

Verlauf der Na-Konzentrationen
im Blutplasma
(mmol / l)



bb. 8

Verlauf der Cl-Konzentrationen
im Blutplasma
(mmol / l)

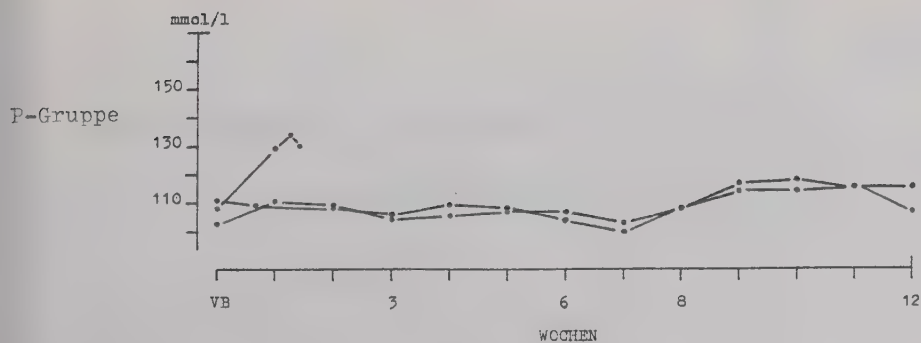
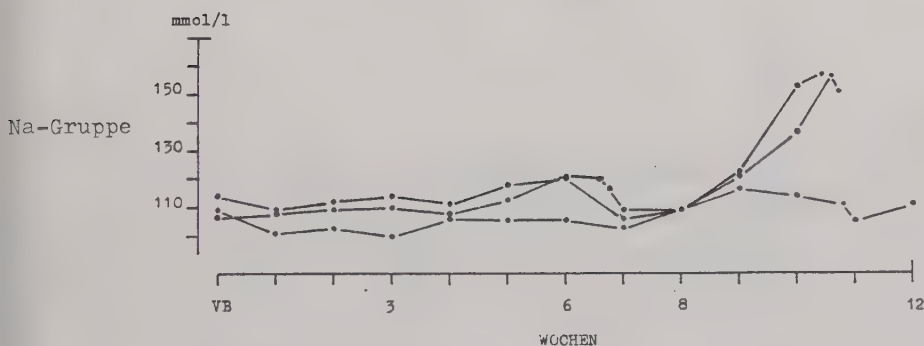
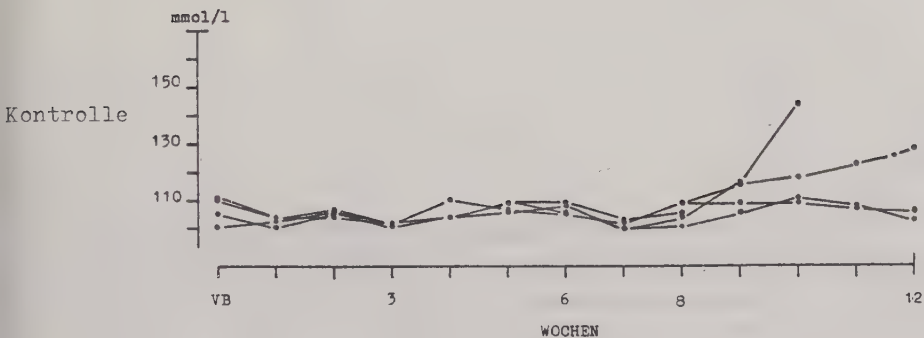


Abb. 9

Verlauf der K-Konzentrationen
im Blutplasma
(mmol / l)

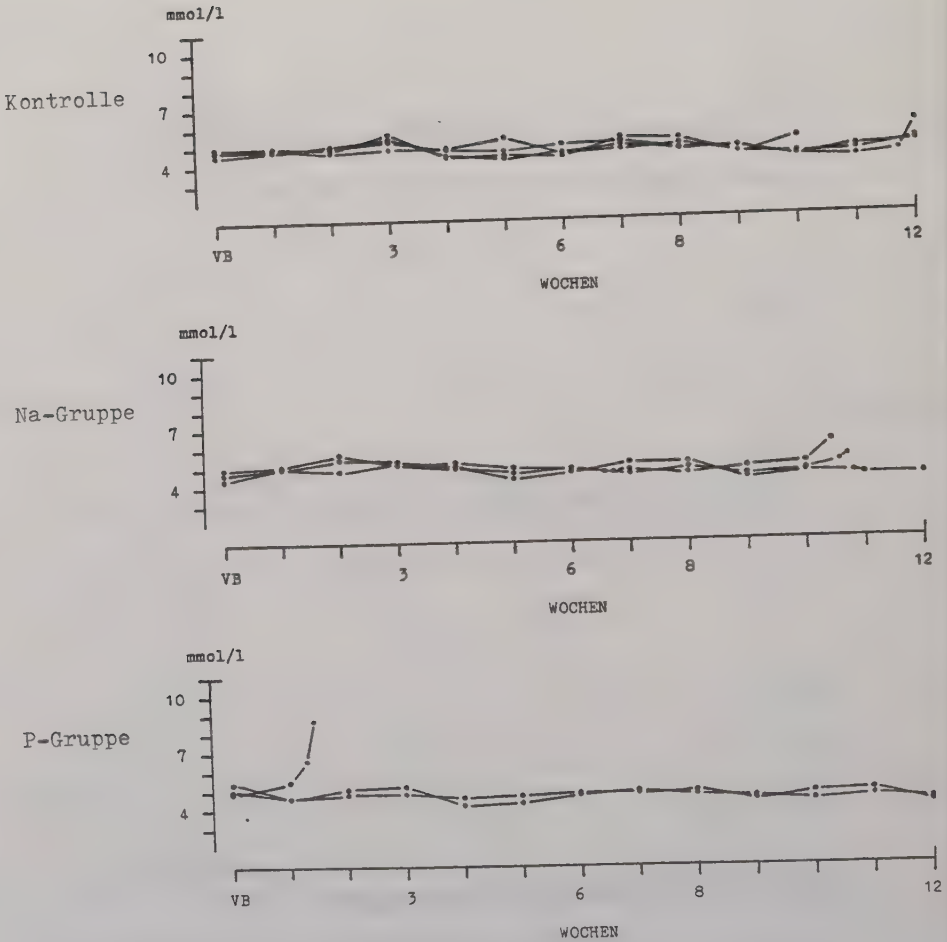


Abb. 10

Verlauf der P-Konzentrationen
im Blutplasma
(mmol / l)

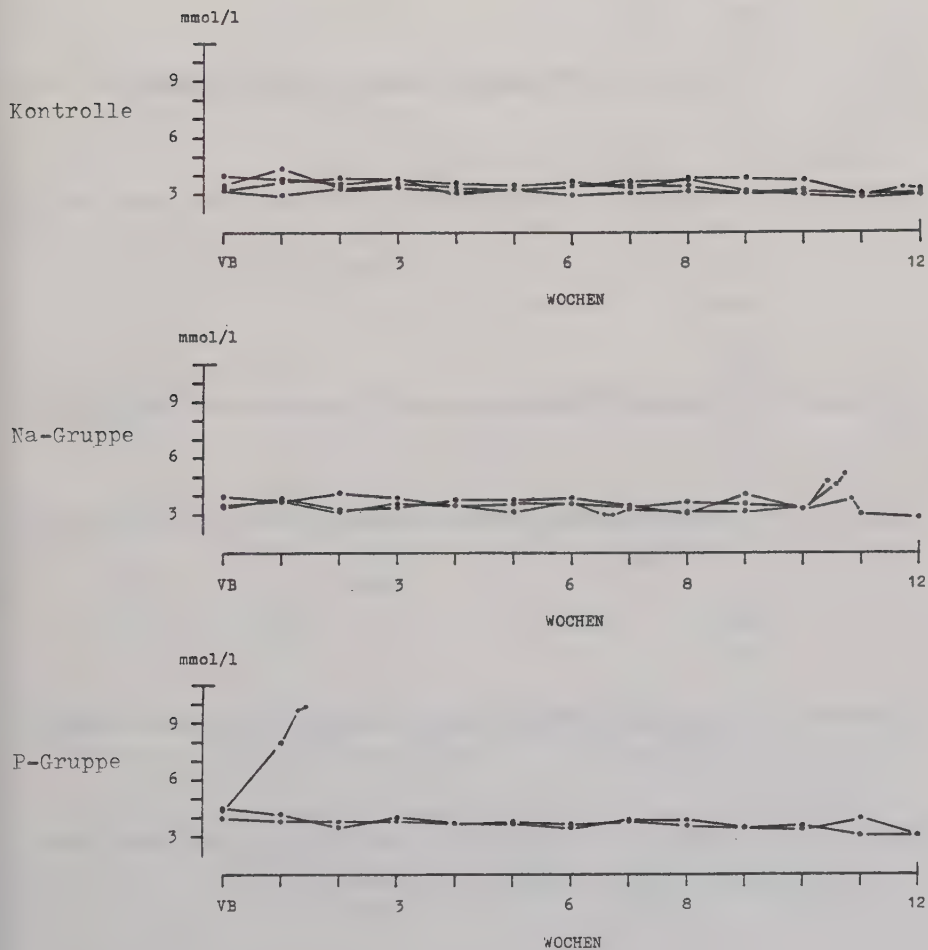


Abb. 11

Verlauf der Ca-Konzentrationen
im Blutplasma
(mmol / l)

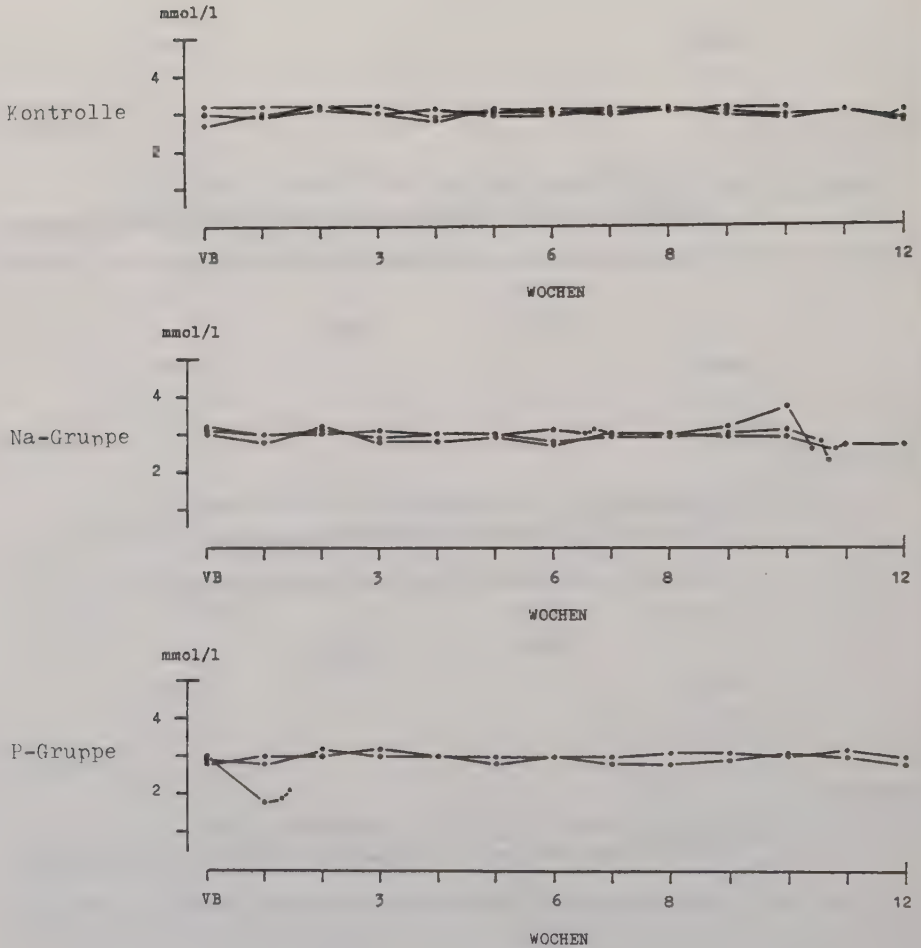


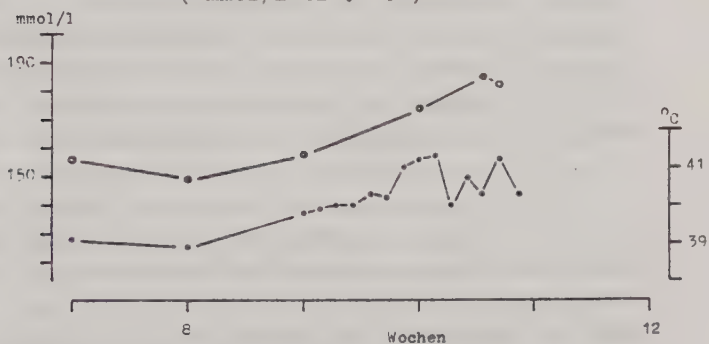
Abb. 11a

Beziehung zwischen Körpertemperatur
und Na - Konzentration im Blutplasma

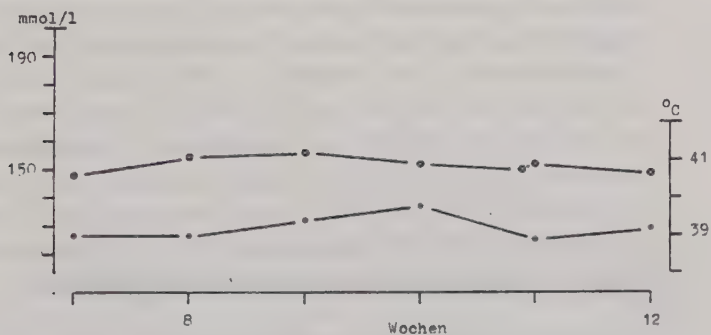
Na - Gruppe

(mmol/l bzw. °C)

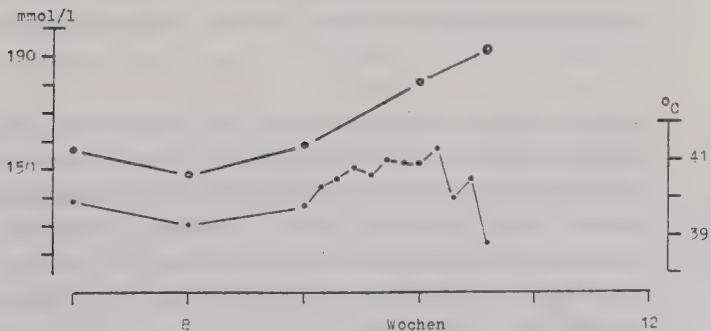
Tier Nr. 1



Tier Nr. 7



Tier Nr. 8



mmol Na / l = ○

°C = ●

Versuchstag. In dem zuletzt gewonnenen Blutplasma (3 Tage vor dem Tod) konnte eine Na-Konzentration von 174 mmol/l gemessen werden. In den Blutplasma-Proben der beiden Lämmer der Na-Gruppe betrug die Na-Konzentration am 72. Versuchstag 174 bzw. 181 mmol/l. 3 Tage später verendete eines der Lämmer. Das am selben Tag gewonnene Blutplasma wies eine Konzentration von 193 mmol Na/l auf. In 2 Blutplasma-Proben des anderen Lammes (Na-Gruppe) konnte am 76. und 77. Versuchstag eine Na-Konzentration von 185 bzw. 183 mmol/l gemessen werden. Das Tier verendete einen Tag darauf am 78. Versuchstag.

Bei dem verbliebenen Lamm der Na-Gruppe war bis Versuchsende keine Erhöhung der Na-Plasmakonzentration feststellbar. In den letzten beiden Versuchswochen nahm dieses Tier nur mehr 65 % der angebotenen Tränke auf.

Am 79. Versuchstag wiesen die beiden verbliebenen Lämmer der P-Gruppe erhöhte Na-Plasmakonzentrationen von 158 bzw. 157 mmol/l auf. Auch bei einem Lamm der Kontrolle konnten am 79., 84. und 86. Versuchstag erhöhte Blutspiegel von 160 - 161 mmol Na/l Plasma ermittelt werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß 2 von 3 Lämmern der Na-Gruppe sowie jeweils 1 Lamm der Kontrolle und P-Gruppe mit den Anzeichen einer Hypernatriämie verendeten.

Wie in Versuch I beschrieben, konnte auch in Versuch II beobachtet werden, daß ansteigende Na-Konzentrationen auch von zunehmenden Cl-Konzentrationen begleitet wurden. Dieser fast parallele Anstieg der Na- und Cl-Plasmakonzentrationen war besonders deutlich bei den Lämmern feststellbar, die letztlich an einer Hypernatriämie verendeten (siehe Abb. 7 und 8).

In der Endphase der Hypernatriämie ließ sich bei 2 Lämmern der Na-Gruppe und einem Lamm der P-Gruppe ein Ansteigen der K- und P-Plasmakonzentrationen sowie ein Absinken der Ca-Konzentrationen im Blutplasma beobachten. Im Gegensatz dazu konnte bei einem Kontrolltier mit zunehmender Hypernatriämie zwar ein Anstieg der Cl- und K-Konzentrationen gemessen werden, die P- und Ca-Plasmakonzentrationen blieben dagegen unverändert.

Ab der 7. Versuchswoche wurde täglich die innere Körpertemperatur der Lämmer der Na-Gruppe (rektal) gemessen. Hieraus ergab sich, daß mit zunehmender Hypernatriämie auch ein Anstieg der Körpertemperatur verbunden war. Es konnte jedoch nicht eindeutig nachgewiesen werden, daß zum Zeitpunkt der höchsten Na-Konzentrationen im Blutplasma auch die höchsten Körpertemperaturen zu messen sind. Bei 2 Lämmern konnte 2 bis 3 Tage vor dem Tod der Tiere ein Abfallen der Körpertemperatur beobachtet werden (s. Abb. 11a).

3.2.2.3. Faecale Na-K- und Wasser-Ausscheidung

Die Gruppenmittelwerte der faecalen Na- und K- sowie Kotwasser-Ausscheidung in % der Aufnahme sind in Tab. 18 aufgeführt.

Im Gegensatz zu Versuch I setzten die Lämmer einen festen, geformten Kot ab. Dies geben auch die Mittelwerte der Kot-Trockensubstanz (in % des Frischkotes) aller bestimmter Kotproben wieder (Versuch I: 23,3; Versuch II: 40,7).

Die bessere Kotkonsistenz (geringere Wasserausscheidung über die Faeces) dürfte in Verbindung mit dem Milchaustauschfutter-Typ gesehen werden. Bei Verwendung der Sau-ertränke in der Aufzucht wurde verschiedentlich über einen gleichgerichteten Effekt auf die Kotkonsistenz berichtet (BOTHMER, 1977; GÖDDE, 1979).

Im Vergleich zu Versuch I war die Kotwasser-Ausscheidung aller Gruppen deutlich geringer, ebenso die faecale Na- und K-Ausscheidung (in % der Aufnahme). Im Mittel der ersten 10 Versuchswochen betrug die prozentuale Kotwasserausscheidung in der Kontrollgruppe 1,40 %, in der Na- bzw. P-Gruppe, 1,71 % bzw. 2,24 %. Wie aus den Mittelwerten hervorgeht, traten keine erkennbaren Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Damit wurden von den Ergebnissen des Versuches I abweichende Befunde erhoben: die Gesamtkotwasserausscheidung in Versuch I (Mittelwert aller Gruppen von 10 Versuchswochen) betrug 2,78 % und war damit deutlich höher ausgefallen. Hier waren auch Gruppenunterschiede aufgetreten.

Die Na-Gruppe schied prozentual zur Aufnahme bis zur 8. Versuchswoche weniger Na über den Kot aus als Kontrolle und P-Gruppe. In der 9. und 10. Versuchswoche konnte bei der Na-Gruppe ein Anstieg der faecalen Na-, K- und Wasserausscheidung beobachtet werden. Im selben Zeitraum nahmen die Na-Konzentrationen im Plasma zweier Lämmer zu, während die renale Na- und Cl-Ausscheidung (Na- bzw. Cl/Kr-Quotienten) abnahm.

Tab. 18

Faecale Na-, K- und Wasser (W) - Ausscheidung
Gruppenmittelwerte
(in % der Aufnahme)

Versuchs- woche	Kontrolle			Na - Gruppe			P - Gruppe		
	n ⁺	Na	K	W	n ⁺	Na	K	W	n ⁺
1.	4	2,09	2,33	1,43	3	0,41	1,79	1,75	3
2.	4	1,69	2,41	1,48	3	0,68	1,76	1,62	2
3.	4	1,17	2,29	1,27	3	0,79	2,43	1,70	2
4.	4	1,44	2,36	1,36	3	0,44	2,27	1,63	2
5.	4	1,50	1,79	1,36	3	0,33	1,31	1,40	2
6.	4	1,81	1,30	1,16	3	0,54	1,25	1,36	2
7.	4	0,97	1,19	1,13	3	0,70	2,73	1,80	2
8.	4	1,52	2,29	1,48	3	0,34	1,99	1,56	2
9.	4	0,61	1,32	1,57	3	1,13	2,14	1,90	2
10.	4	2,61	2,28	1,77	3	3,35	4,62	2,42	2
11. ++									
12.	3	1,85	2,62	1,93	1	0,79	1,55	2,64	2

+ n = Tierzahl

++ Probenahme entfiel

3.2.2.4. Renale Elektrolytausscheidung und pH-Werte im Harn

Die in den Spontanharn-Proben gemessenen Na-, K-, Cl- und P-Konzentrationen sind im einzelnen in den Tab. AII 10 - 13 aufgeführt.

Die unterschiedliche Na-Versorgung der Na-Gruppe und Kontrolle wird in den Na-Konzentrationen des Harnes reflektiert. Der Mittelwert der Na-Harnkonzentration in der 7. Versuchswoche betrug z. B. 309 mmol/l für die Na-Gruppe gegenüber 104 mmol/l für die Kontrolle.

Trotz erheblich größerer P-Aufnahmen waren die P-Konzentrationen im Harn der P-Gruppe nicht größer, teilweise sogar geringer als bei der Kontrolle. So ist beispielsweise die mittlere P-Harnkonzentration der P-Gruppe in der 3. Woche mit 30,2 mmol/l geringer als diejenige der Kontrolle (38,6 mmol/l).

Wie in Versuch I konnte zum Versuchsende hin eine Zunahme der Kreatininkonzentrationen (s. Tab. AII 14) im Spontanharn beobachtet werden. In Versuchsabschnitt IV war der Mittelwert aller analysierter Kreatininkonzentrationen mit 14,94 mmol/l deutlich höher als in Versuchsabschnitt I (5,39 mmol/l). In Versuchsabschnitt I ist in den Spontanharnproben der P-Gruppe eine im Vergleich zu den anderen Gruppen höhere mittlere Kreatininkonzentration (7,31 mmol/l) feststellbar. Dies kann durch die geringere Wasser (Tränke)-Aufnahme der P-Gruppe in diesem Versuchsabschnitt erklärt werden.

Um den Einfluß der Diurese auf die Elektrolyt-Harnkonzentration zu korrigieren, wurden die Elektrolyt/Kreatinin-Quotienten, die als Maß der renalen Elektrolytausschei-

ung betrachtet werden, gebildet.

Über die Gruppenmittelwerte der Na, K, P und Cl/Kr-Quotienten pro Woche orientieren im einzelnen die Tab. AII 16 - 19. Mit Ausnahme des Versuchsbeginnes und der 10. Versuchswoche liegen den angegebenen Gruppenmittelwerten/Woche 2 Einzelwerte pro Tier zugrunde. In der 11. Versuchswoche wurden keine Spontanharnproben genommen. Der Verlauf der Elektrolyt/Kr-Quotienten ist in Abb. 12 dargestellt.

Betrachtet man den Verlauf der renalen Na- und Cl-Ausscheidung in Versuchsabschnitt I (1. - 3. Woche), so zeigt sich, daß für die Na-Gruppe und Kontrolle annähernd gleiche Na/Kr- und Cl/Kr-Quotienten ermittelt wurden. Dagegen schieden die Lämmer der P-Gruppe deutlich weniger Na und Cl über den Harn aus. Die Mittelwerte der Na/K-Quotienten in Abschnitt I betrugen 23,0 (Kontrolle), 22,1 (Na-Gruppe) bzw. 9,9 (P-Gruppe).

In dem folgenden Versuchsabschnitt II (4. - 6. Woche) konnte bei der Na-Gruppe trotz der Erhöhung der NaCl-Zulage zur Tränke keine Steigerung (aber auch kein deutliches Absinken) der Na- und Cl/Kr-Quotienten beobachtet werden (Mittelwert der Na/Kr-Quotienten: 20,0).

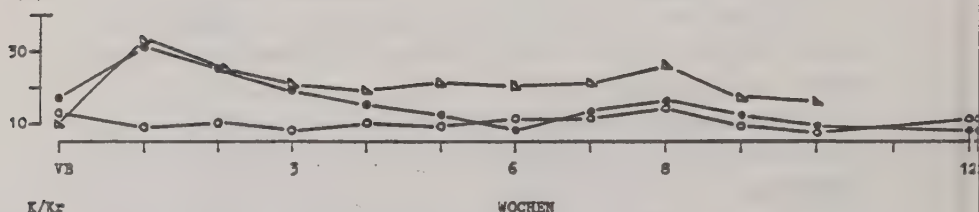
Die erneute Erhöhung der Na-Konzentration (0,33 % Na) der Tränke in Versuchsabschnitt III (7. - 8. Woche) führte erwartungsgemäß in der 8. Versuchswoche zu einer Zunahme der Na- und Cl-Ausscheidung über die Niere (Na/Kr-Quotient: 26,1; Cl/Kr-Quotient: 40,0).

Im anschließenden Versuchsabschnitt IV (9. - 12. Woche) nahmen die Na/Kr- und Cl/Kr-Quotienten der Lämmer der Na-Gruppe zur 10. Versuchswoche hin wieder ab. Gleichzei-

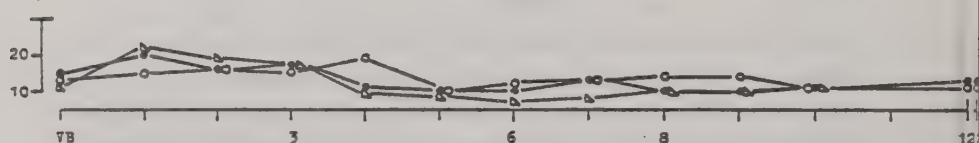
Abb. 12

Verlauf der Na-, K-, Cl- und P/Kreatinin - Quotienten im Spontanharn
Gruppenmittelwerte/Woche
(mmol/l : mmol/l)

Na/Kr

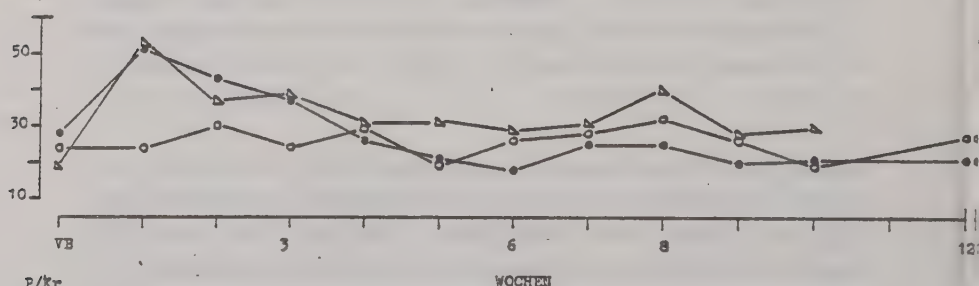


K/Kr



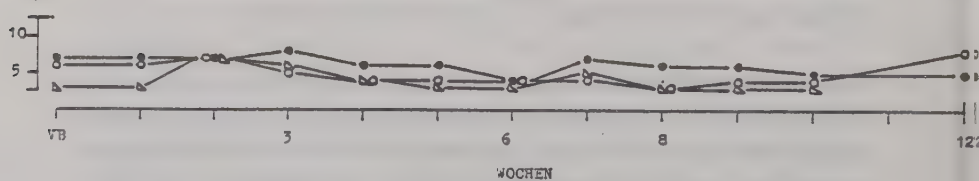
WOCHEN

Cl/Kr



WOCHEN

P/Kr



WOCHEN

Kontrolle = ●

Na-Gruppe = ▲

P-Gruppe = ○

tig konnte in der 10. Versuchswoche eine höhere faecale Na-, K- und Wasserausscheidung (% der Aufnahme) als in den Vorwochen festgestellt werden (s. auch Tab. 18). 2 Lämmer der Na-Gruppe verendeten 6 bzw. 9 Tage nach diesen letzten Harn- und Kotuntersuchungen unter den Anzeichen einer Hypernatriämie.

Bei dem verbliebenen Lamm der Na-Gruppe konnte in den folgenden Versuchswochen weder eine Erhöhung der Na/Kr- und Cl/Kr-Quotienten, noch eine Steigerung der Na-Konzentration im Blutplasma festgestellt werden. Auffallend war jedoch bei diesem Tier die deutlich reduzierte Futteraufnahme (nur 65 % der angebotenen Tränke wurden aufgenommen).

Die renale Na- und Cl-Ausscheidung der P-Gruppe blieb während des gesamten Versuches annähernd konstant (Mittelwert aller Na/Kr-Quotienten: 10,2). Ab der 5. Versuchswoche konnten für die P-Gruppe und Kontrolle in etwa gleiche Na/Kr-Quotienten ermittelt werden. Lediglich im Zeitraum 10. - 12. Versuchswoche konnte ein geringes Absinken der renalen Na-Ausscheidung der Kontrolle gegenüber der P-Gruppe beobachtet werden.

Im Gegensatz zu Versuch I schieden die Lämmer der P-Gruppe trotz hoher P-Zulage weniger Phosphor als die Kontrolle über die Niere aus. Die Differenz zwischen den P/Kr-Quotienten der P-Gruppe, Kontrolle und Na-Gruppe war jedoch über den Gesamt-Versuchsverlauf gesehen nur gering (P-Gruppe: 4,9; Kontrolle: 6,1; Na-Gruppe: 4,4).

Bei der Betrachtung des Verlaufes der K/Kr-Quotienten läßt sich erkennen, daß die renale K-Ausscheidung aller Gruppen annähernd gleich war. Die höchsten K/Kr-Quotienten wurden bei allen Gruppen in den ersten 4 Versuchswochen festgestellt (s. Abb. 12).

Im Gegensatz zu Versuch I konnte ein Absinken der Elektrolyt/Kreatinin-Quotienten zum Versuchsende hin lediglich bei der Na-Gruppe und Kontrolle bezüglich der Na/Kr- und Cl/Kr-Quotienten beobachtet werden.

Parallel zu dieser Verringerung der renalen Na- und Cl-Ausscheidung konnten bei 2 Lämmern der Kontrolle und 2 Lämmern der Na-Gruppe erhöhte Na-Konzentrationen im Blutplasma (174 und 161 bzw. 183 und 193 mmol/l) gemessen werden.

Die Harn pH-Werte sind als Gruppenmittelwerte/Woche in Tab. 19, als Einzelwerte in Tab. AII 15 zusammengefaßt.

Tabelle 19 pH-Werte im Spontanharn
(Gruppenmittelwerte/Woche)

Versuchs- woche	Kontrolle		Na-Gruppe		P-Gruppe	
	Tier- zahl		Tier- zahl		Tier- zahl	
VB	4	5,52	3	5,78	3	5,47
1.	4	5,77	3	5,77	3	5,69
2.	4	5,62	3	5,62	2	5,75
3.	4	5,69	3	5,60	2	5,53
4.	4	5,51	3	5,64	2	5,55
5.	4	5,52	3	5,88	2	5,67
6.	4	5,61	3	5,95	2	5,64
7.	4	5,58	3	5,80	2	5,45
8.	4	5,51	3	5,70	2	5,46
9.	4	5,59	3	5,85	2	5,67
10.	4	5,76	3	5,96	2	5,97
11.						
12.	3	5,64	1	5,44	2	5,61

Trotz der Versorgung der Lämmer mit einer sauren Milchaustausch-Tränke (pH $\cdot$ 4,18 - 4,13) entsprachen die gemessenen pH-Werte im Harn denen der vergleichbaren Gruppen in Versuch I (Mittelwert, Versuch I: 5,65; Versuch II: 5,66).

4. DISKUSSION

Da im Verlauf beider Versuche zu Versuchsbeginn und in den Kontrollgruppen verhältnismäßig viele Befunde über die physiologische Elektrolyt-Konzentration im Blutplasma anfielen, sollten vor Erörterung der Na-Toleranz diese Daten vergleichend betrachtet werden.

4.1. Normbereiche der Blutplasma-Konzentration von Natrium, Kalium, Chlorid, Phosphor und Calcium

Bereits in der Einleitung wurde herausgestellt, daß das zu Versuchszwecken gewählte Fütterungsregime sich von den Fütterungsverhältnissen in der Praxis deutlich unterscheidet: Während die Lämmeraufzucht im allgemeinen mit einer Kombination von mindestens 3 Futtertypen bzw. Futtermitteln betrieben wird (Milchaustauschfutter, Kraftfutter und Heu), wurde im Experiment ausschließlich Milchaustauschfutter verwendet. Da andere Versuche mit dem gleichen Ernährungsregime nicht bekannt sind, dürfte den erhobenen Befunden ein vorerst singulärer Charakter zukommen.

Zu Versuchsbeginn (10,5 kg LM in Versuch I, 18,1 kg LM in Versuch II) lag die Na-Plasmakonzentration bei 152 bzw. 156 mmol/l in Versuch I bzw. II.

Während der ersten 7 Versuchswochen erfuhren diese Werte kaum eine Änderung.

Als Mittelwert der Kontrollgruppe aus Versuch I wurden 152 mmol Na/l Plasma errechnet, der gleiche Wert ergab sich in Versuch II.

Die Spannweite dieser Mittelwerte ist dagegen recht hoch, was auf eine nicht unerhebliche individuelle Streuung hindeutet. Offensichtlich reicht daher der Normbereich der Na-Konzentration im Blutplasma von 146 - 160 mmol/l bei abschließlicher Milchaustauschfutter-Ernährung.

Nach 7/8 Versuchswochen (Versuch I/II) wurde die Tränkkonzentration von 250 auf 300 g Futter/l Tränke erhöht. In beiden Versuchen ergab sich daraus eine geringe, aber deutliche Steigerung der Na-Konzentration, in Versuch I von 152 auf 158, in Versuch II von 152 auf 154 mmol Na/l Plasma. Es wird angenommen, daß bei dieser Art der Fütterung (800 ml Wasser in 1 l Tränke) das Wasserangebot (max. 2,5 l Tränke bei 30 - 40 kg schweren "Lämmern") schon als knapp bezeichnet werden muß. Die unvermeidlichen Wasserverluste über Kot, Harn sowie Körper- bzw. Schleimhautoberfläche führen dann zu einer Verringerung des Wassergehaltes im intravasalen Kompartiment.

Die Spannweite der erhöhten Mittelwerte hat sich dagegen kaum verändert: Minimalwerte von 148 können Maximalwerten von 161 mmol Na/l gegenübergestellt werden, wenn von einem Lamm der Kontrollgruppe aus Versuch I (max. 170 mmol Na/l) abgesehen wird.

Der hier ermittelte physiologische Mittelwert milchaustauschernährter Lämmer im Gewichtsbereich von 10 - 35 kg Lebendmasse von 152 mmol Na/l Plasma liegt innerhalb der aus der Literatur ersichtlichen Streubreite, die von CLARK (1959) mit 135 - 156 mmol Na/l angegeben wird, VASKOW (1965 - 66) nennt als saisonabhängigen Maximalwert 163 mmol Na/l Plasma. Allerdings lagen die von WIDDOWSON und DICKERSON (1964) sowie CLARK (1959) berichteten Mittelwerte von 148 bzw. 144 mmol Na/l Plasma geringfügig bis deutlich unter unseren Werten. Dies dürfte

mit dem ernährungsmäßig bedingtem limitiertem bzw. geringem Wasserangebot in Zusammenhang stehen.

Aus Untersuchungen an milchaustauschernährten Kälbern ist bekannt (GROPP et al., 1977), daß die Na-Plasmakonzentration bereits auf 1 - 2malige relativ geringe Wassergaben deutlich reagiert. Innerhalb weniger Stunden wurde ein Abfall um maximal 10 mmol Na/l Plasma beschrieben.

Der Normwert von Kälbern, die den Lämmern unserer Versuche eher vergleichbar sein dürften als konventionell ernährte und auch ältere Schafe, liegt mit 142 - 145 mmol Na/l Blutplasma deutlich unter den Lämmerwerten.

Möglicherweise ist die oben beschriebene große individuelle Streubreite der Na-Konzentration im Blutplasma von Lämmern noch höher als sich aus der Betrachtung der Zahlenwerte ergibt. In Versuch I wurde bei einem Lamm der Kontrollgruppe bereits am 1. Versuchstag ein Na-Plasmaspiegel von 157 mmol/l gemessen. Nach einer Versuchswoche war dieser Wert auf 189 angestiegen, ohne daß eine Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens hätte beobachtet werden können. In den folgenden 3 Wochen verharrte die Na-Konzentration auf etwa gleichem Niveau, um dann praemortal (36. Versuchstag) auf 221 mmol Na/l anzusteigen.

Da sich keine Anzeichen einer infektiösen Erkrankung bzw. eines organischen Schadens hatten erkennen lassen, wird geschlossen, daß dieses Lamm an einer Hypernatriämie verendete.

Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, daß das angewandte Ernährungsregime bereits bei einzelnen Lämmern zu einer Überforderung der Na-Toleranz führt.

Wahrscheinlich trifft diese Schlußfolgerung auch auf das verendete Lamm der Kontrollgruppe in Versuch II zu. Hier war aber wegen der weiter erhöhten Tränkkonzentration das relative Wasserangebot noch geringer.

Die mittleren Kalium-Plasmaspiegel lagen bei Versuchsbeginn bei 4,9 und 5,1 (Versuch II/I) und während des Versuches bei 4,5 - 5,0 (Versuch II/I) mmol/l. Unterschiede zwischen den ersten 7 Wochen und den anschließenden Versuchswochen waren hier im Gegensatz zu den Na-Plasmakonzentrationen kaum aufgetreten.

Die individuelle Streubreite reichte von 4,2 bis 6,1 mmol K/l Plasma.

Damit wurden K-Konzentrationen im physiologischen Bereich aufgefunden, die sich mit denen milchaustauschernährter Kälber (4,6 - 4,8 mmol K/l) direkt vergleichen lassen. Allenfalls die individuelle Variation ist bei Mastkälbern kleiner (Maximalwert: 5,0 mmol K/l).

Auch zu erwachsenen wiederkäuergerecht ernährten Schafen ergab sich kein Unterschied. So ermittelte CLARK (1959) einen Mittelwert von 4,8 bei Extremwerten von 3,8 - 6,0 mmol K/l Plasma.

Während für Kalium die für Natrium beschriebene Abhängigkeit des Blutplasmaspiegels von der Wasserversorgung auch im noch tolerierten Grenzbereich nicht beobachtet werden konnte, folgte die Chlorid-Konzentration im Blutplasma den Na-Werten.

Auch hier bewirkte die Erhöhung der Tränkkonzentration von 250 auf 300 g/l Tränke in der 7./8. Versuchswoche (Versuch I/II) einen Anstieg der Plasmakonzentrationen.

Dieser war allerdings bei Chlorid viel deutlicher ausgefallen als bei Na. In Versuch I stieg die Cl-Konzentration von 103 (1. - 7. Versuchswoche) auf 113 mmol/l Plasma (8. - 10. Versuchswoche) an; in Versuch II von 105 (1. - 8. Versuchswoche) auf 113 mmol Cl/l (9. - 12. Versuchswoche).

Der physiologische Bereich kann anhand der Daten mit 103 - 108 mmol Cl/l Plasma angegeben werden, der korrespondierende Streubereich reicht von 96 bis 114 mmol Cl/l.

Damit werden Befunde an milchaustauschernährten Kälbern bestätigt, welche auf die schlechte Homöostase und die verhältnismäßig große individuelle Variation des Cl-Plasmaspiegels hindeuten (GROPP et al., 1977).

Der Ca-Blutspiegel lag in beiden Versuchen bei etwa 2,9 - 3,0 mmol Ca/l Plasma. Die individuelle Streubreite betrug 2,7 - 3,2 mmol/l. Damit wurde bei milchaustauschernährten Lämmern ein geringfügig höherer Ca-Wert als physiologisch aufgefunden, als er von WEAVER (1974) und LUTHMANN et al. (1977) für erwachsene Schafe (2,2 - 2,5 mmol Ca/l Plasma) angegeben wird.

Insofern gleichen auch hier die Verhältnisse bei Lamm und Schaf denen bei Kalb und Rind. Das junge milchaustauschernährte Kalb weist ebenfalls geringfügig höhere Plasma Ca-Spiegel auf.

Ganz anders verhält sich die P-Konzentration im Plasma. Beim Rind ist ein altersabhängiges Absinken des P-Spiegels im Plasma bekannt. Daneben spielen aber auch Ernährungseinflüsse eine Rolle (hohe P-Aufnahme führt zu steigenden P-Konzentrationen im Plasma). Deshalb ist die

Homöostase des P-Plasmaspiegels auch geringer anzusehen als die der Ca-Plasmakonzentration.

Die eigenen Befunde bei Lämmern spiegeln dies wieder. Mittelwerten von 3,6 bzw. 3,8 mmol P/l Plasma bei Versuchs(I/II)beginn können Einzelwerte von 3,1 - 4,4 mmol P/l zugeordnet werden. Die während der ersten 7 Versuchswochen gemessenen P-Plasmakonzentrationen ergaben einen Mittelwert von 3,6 (II) bzw. 3,8 mmol P/l (I). Für erwachsene Schafe wird als physiologischer Wert 1,5 - 2,0 mmol P/l Plasma (WEAVER, 1974; LUTHMANN et al., 1977) angegeben.

In den letzten Versuchswochen wurden P-Mittelwerte von 3,3 (II) bzw. 3,6 mmol/l (I) berechnet. Trotz angehobener P-Versorgung über das Futter war damit gegen Versuchsende ein Abfall der Plasma-P-Konzentration eingetreten. Dieser Befund korrespondiert brauchbar mit dem Verhalten des P-Plasmaspiegels bei wachsenden Rindern.

Das "saure" Fütterungsregime hat keine Unterschiede in den gemessenen Elektrolytkonzentrationen des Blutplasmas im Vergleich zu einer konventionellen (neutralen) Milchaustauschtränke ergeben.

4.2. Na-Toleranz

Das in beiden Versuchen angewandte Fütterungsregime (Milchaustauschtränke ohne zusätzliches Wasserangebot) hat zusammen mit der NaCl-Zulage ein Ansteigen des Na-Blutplasmaspiegels bewirkt. Von 4 Lämmern der Na-Versuchsgruppe aus Versuch I verendeten 3 Tiere mit prämortalen Na-Plasmaspiegeln von 188, 205 bzw. 228 mmol/l. Ein 4. Tier war kurz nach Versuchsbeginn (13. Versuchs-

tag) an einer Urolithiasis eingegangen. In Versuch II wurden bei 2 von 3 Tieren unmittelbar bzw. 3 Tage vor dem Verenden Na-Plasmagehalte von 183 bzw. 193 mmol/l gemessen. Das 3. Lamm dieser Versuchsgruppe wies während des gesamten Versuches Na-Plasmaspiegel zwischen 148 und 157 mmol/l auf, ohne daß eine bestimmte mit dem Versuchsablauf korrelierte Tendenz hätte erkannt werden können. Dieses Tier hatte offensichtlich wegen seiner stark eingeschränkten Futteraufnahme in den letzten Wochen bei relativ hoher renaler Na-Ausscheidung überlebt.

Es darf daher wohl geschlossen werden, daß die beobachteten und beschriebenen Todesfälle auf eine Hypernatriämie mit all ihren Folgen zurückzuführen sind.

Als Beginn der Na-Intoxikation darf wohl das Überschreiten eines Grenzwertes von 170 mmol Na/l Plasma gewertet werden, da alle Tiere, deren Na-Plasmaspiegel erstmals mit > 170 mmol/l gemessen wurde, 3 - 13 Tage später verendeten.

Es darf weiter gefolgert werden, daß die Na-Belastung der Lämmer der Na-Gruppen ursächlich mit deren Exitus in Zusammenhang steht.

Dieser Schluß wird durch die Beobachtung, daß in beiden Versuchen jeweils 1 Lamm der Kontrollgruppe auch mit den Anzeichen einer Hypernatriämie verendete, nicht beeinträchtigt. Das am 37. Versuchstag verendete Lamm der Kontrollgruppe aus Versuch I wies bereits am 8. Versuchstag eine Na-Konzentration von 189 mmol Na/l Plasma auf. Während der folgenden 3 Wochen lag die Na-Plasmakonzentration relativ konstant zwischen 176 und 183 mmol/l. Die Na-Konzentration im Futter hatte 0,46 % betragen.

In Versuch II verwendete ein Kontrolltier am 75. Versuchstag. Am 72. Versuchstag wurden hier 174 mmol Na/l Plasma gemessen. Alle anderen früheren Na-Bestimmungen im Plasma hatten bei diesem Tier eher unauffällige Werte (≤ 156 mmol/l) ergeben. Es kann wohl nicht ausgeschlossen werden, daß die Hypernatriämie nicht Ursache, sondern Anzeichen eines prämortalen Geschehens war.

Offensichtlich muß aber davon ausgegangen werden, daß einzelne Lämmer - ein Prozentsatz läßt sich aus den vorgelegten Untersuchungen nicht schätzen - eine besonders geringe Na-Toleranz aufweisen.

4.2.1. Anzeichen der Na-Intoxikation

Die von GROPP et al. (1978) bei Mastkälbern unter vergleichbaren Fütterungsbedingungen berichteten Symptome einer Na-Vergiftung, wie Brüllen, motorische Unruhe, starke Sekretbildung im Bereich des äußeren Respirationstraktes, Schleimsekretion aus der Mundhöhle sowie Muskelzittern wurden hier nicht beobachtet.

Einige Lämmer mit beginnender Na-Intoxikation zeigten eine auffällige Tendenz zu Futterverweigerung bzw. langfristig reduzierter Futteraufnahme. Diese Lämmer überlebten in der Regel länger nach Überschreiten von 170 mmol Na/l Plasma als solche mit relativ ungestörter Futteraufnahme.

Gleiche Beobachtungen wurden auch von KÖNIG und MOSER (1980) bei Kälbern gemacht.

Bei manchen Tieren ist dieses Verhalten (reduzierter bzw. intermittierender Futterverzehr) besonders augen-

fällig, gleichzeitig wird auf diese Weise eine Hypernatriämie in Grenzen gehalten, daß von einer Art "Selbstschutz" gesprochen werden kann.

In der Regel kam es 2 - 3 Tage vor dem Verenden an einer Na-Intoxikation zum Festliegen. Die Lämmer waren teilnahmslos, erschienen exsikkotisch und nahmen auch keine Nahrung mehr auf.

Hypernatriämische Lämmer wiesen eine erhöhte Körpertemperatur auf (40 - 41° C). 1 - 2 Tage vor dem Exitus deutete sich ein Temperaturabfall an. Eine Korrelation zwischen Na-Plasmaspiegel und Körpertemperatur schien sich aber nicht abzuzeichnen.

Auch dieser Befund wird durch gleichartige Erhebungen an milchaustauschernährten Kälbern (KÖNIG und MOSER, 1980) bestätigt.

Mit Ausnahme der Lämmer, welche ein reduziertes Futterverzehrverhalten als Folge der Hypernatriämie zeigten, ließ sich ein Einfluß der Na-Übersorgung auf die Lebendmasseentwicklung kaum erkennen. Die meisten Lämmer wiesen über eine verhältnismäßig lange Zeit eine völlig ungestörte Gewichtsentwicklung auf. Etwa 1 - 2 Wochen vor Eintritt der Hypernatriämie scheint die Lebendmassenzunahme abzufallen, kurz darauf wurde eine Abnahme der Lebendmasse beobachtet.

Es bleibt festzuhalten, daß bei Lämmern als Folge einer Na-Intoxikation keine auffälligen und auch nicht spezifisch klinische Symptome unter unseren Versuchsbedingungen auftraten.

4.2.2. Na-Zufuhr und Hypernatriämie

Die Na-Konzentration in der Tränke der Na-Gruppe betrug in den einzelnen Abschnitten von Versuch I 0,22; 0,28 und 0,33 %. Bei Tränkkonzentrationen von 200, 250 bzw. 300 g/l entsprach dies einer Futterkonzentration von 1,0 - 1,1 % Na. Die Na-Konzentration der Kontrolltränke lag bei etwa der Hälfte der genannten Werte.

Während 1 Lamm der Na-Gruppe bereits nach 13 Versuchstagen (0,22 % Na in der Tränke) eine Hypernatriämie aufwies, vertrugen die 2 anderen Tiere der Na-Gruppe dieses Na-Angebot reaktionslos. Auch eine Erhöhung der Na-Tränkkonzentration auf 0,28 % bewirkte keine Hypernatriämie. 11 Tage nach einer weiteren Steigerung der Na-Belastung (0,33 % Na in der Tränke) zeigten beide Lämmer Hypernatriämie (173 bzw. 183 mmol Na/l Plasma). Damit scheint erst 0,33 % Na die kritische Hypernatriämie ausgelöst zu haben. Demgegenüber könnte eingewendet werden, daß eine solche Feststellung einen eventuellen Einfluß der Vorfütterung in der vorangegangenen Versuchsperiode außer Acht läßt. Wahrscheinlicher ist aber - wie auch von Untersuchungen an Kälbern bekannt (GROPP et al., 1978) -, daß junge Tiere aufgrund des hier pro kg Körpergewicht höheren Wasserangebotes gleich hohe Na-Belastungen besser vertragen als ältere Tiere.

In Versuch II lag der Na-Gehalt der Tränke der Na-Gruppe anfänglich bei 0,17 %, in den folgenden Versuchsabschnitten wurde er über 0,26 auf 0,33 % gesteigert, in den letzten 4 Versuchswochen wegen der allgemeinen Erhöhung der Futterkonzentration wieder auf 0,30 % gesenkt.

3 Wochen nach Gabe der Tränke mit 0,33 % Na, der Na-Gehalt der Tränke war seit einer Woche bereits wieder

auf 0,3 % reduziert worden, traten die ersten Anzeichen einer Hypernatriämie auf. Damit scheinen auch hier Na-Konzentrationen in der Tränke von $\leq 0,3$ % toleriert worden zu sein.

In Versuch II verging insgesamt ein längerer Zeitraum als in Versuch I, bis Hypernatriämie beobachtet wurde. Dies wird auf die während Versuch II erheblich niedrigeren Stalltemperaturen und den dadurch geringeren relativen Wasserbedarf der Tiere zurückgeführt. Auch GROPP et al. (1978) haben den Einfluß der Stalltemperatur auf die Na-Toleranz betont. Insofern dürften zwischen den beiden Versuchen und damit auch den Milchaustauschfuttertypen keine grundsätzlichen Unterschiede hinsichtlich der Na-Toleranz vorliegen.

Wenn 0,3 % Na in der Tränke als die kritische nicht mehr tolerierbare Na-Belastung von Lämmern gelten, dann sollte diese Feststellung durch den Hinweis auf die gleichzeitig verabreichte hohe Milchaustauschfutterkonzentration in der Tränke ergänzt werden.

Der infolge der hohen Futter- und damit auch Proteinaufnahme bei relativ langsamem Wachstum ausgeschiedene Harnstoff trägt nicht unerheblich zur Gesamtosmolalität des Harns bei. Wenn aber unter anderem die Gesamtosmolalität des Harns einen die renale Na-Ausscheidung begrenzenden Faktor darstellt, wie von GROPP et al. (1978) anhand von Befunden bei Kälbern angenommen wird, dann trägt voraussichtlich auch die renale Harnstoffausscheidung und damit die Tränkkonzentration unabhängig vom dadurch verringerten Wasserangebot zur Ausprägung der Na-Intoxikation bei.

Es wird deshalb angenommen, daß unter mehr praktischen Fütterungsbedingungen (max. Tränkkonzentration 200 g/l) auch höhere Na-Konzentrationen in der Tränke reaktionslos toleriert werden.

4.2.3. Einfluß von Kalium auf die Na-Toleranz

Bei Planung der Versuche war davon ausgegangen worden, daß erhöhte K-Gaben die Na-Toleranz senken, weil die K-Sekretion im distalen Tubulus im Austausch gegen Na^+ (und H^+) erfolgt. Diese Annahme hatte ihre Berechtigung durch tierexperimentelle Befunde bei Kälbern (GROPP et al., 1978) erfahren, welche diesen theoretischen Zusammenhang im Experiment bestätigten.

In Versuch I wurde die Kalium-Gabe in der K-Gruppe entsprechend der osmotischen Relation von K : Na gleichermaßen gesteigert wie in der Na-Gruppe das Na-Angebot.

Nur bei einem Lamm dieser Gruppe wurde aber Hypernatriämie beobachtet, diese schon relativ kurz nach Versuchsbeginn (36. Versuchstag). Die 3 anderen Lämmer wiesen während des gesamten Versuches gleichbleibend niedrige Na-Plasmawerte auf (abgesehen von einer Ausnahme bei einem Lamm am 57. Versuchstag).

Ein Einfluß von Kalium im angewandten Dosierungsbereich auf die Na-Toleranz von Lämmern wird daher für unwahrscheinlich gehalten. Das am 36. Versuchstag verendete Lamm wird eher den an gleichen Symptomen erkrankten Kontrolltieren zugeordnet.

Möglicherweise besitzt bei Lämmern die Niere im Gegensatz zu Kälbern über einen weiteren Bereich die Fähig-

keit K-Ionen im distalen Tubulus gegen H^+ auszutauschen, ohne die renale Na-Ausscheidung soweit einzuschränken, daß daraus eine Na-Intoxikation resultiert. Dafür spricht das deutliche Ansteigen des pH-Wertes, das nur in der K-Gruppe beobachtet wurde.

4.2.4. Einfluß von Phosphor auf die Na-Toleranz

Der P-Gehalt im Kontrollfutter betrug in Versuch I 0,8 %, in Versuch II 0,6 %. In der P-Gruppe von Versuch I war er auf 1,9 %, in Versuch II auf 2,0 % angehoben worden.

In Versuch I führte eine derart angehobene P-Versorgung nach 7 - 8 Wochen zu einer Hypernatriämie (2 von 3 Lämmern). In Versuch II war ein gleichartiger Effekt nicht zu beobachten.

In beiden Versuchen war jeweils 1 Lamm (ähnlich wie in der Kontrollgruppe) relativ früh (20. bzw. 13. Versuchstag) mit einer Hypernatriämie verendet. Bei diesen beiden Lämmern wird wie bei den Kontrolltieren kein Zusammenhang zwischen Behandlung und Na-Intoxikation gesehen.

Offensichtlich aber hat die hohe P-Aufnahme in Versuch I die Na-Toleranz herabgesetzt. Der Mechanismus bleibt völlig unklar, eine Einschränkung der renalen Na-Ausscheidung wurde nicht gemessen.

Der in Versuch II ausgebliebene Effekt hoher P-Gabe steht möglicherweise mit hier anderen Parametern des Wasserhaushaltes in Verbindung. Die geringere Kotwasserasscheidung in Versuch II wurde bereits früher beschrieben. Es fiel weiter auf, daß der P/Kreatinin-Quotient im Harn niedriger lag als in Versuch I, was

auf eine geringere renale P-Ausscheidung hindeutet.

Über die Beeinflussung der Na-Toleranz durch P bei Mastkälbern existieren keine gesicherten Befunde.

4.2.5. Verhalten anderer Plasmaelektrolyte bei Hypernatriämie

Unabhängig vom Ernährungsregime verendeten in beiden Versuchen insgesamt 12 Lämmer, die prä mortal alle eine Hypernatriämie aufwiesen.

Ebenfalls unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit zeigten sich bei diesen Tieren mehr oder weniger ausgeprägte Gemeinsamkeiten hinsichtlich des prä mortalen Verhaltens der Plasmaelektrolyte Kalium, Chlor, Phosphor und Calcium.

Die Chlorid-Konzentration verlief zu den Bewegungen des Na-Plasmaspiegels nahezu parallel. Zeitliche Verzögerungen in der Reaktion des Cl-Plasmaspiegels wurden nicht gemessen.

Bei 10 von 12 Lämmern war der K-Spiegel im Plasma prä mortal auf 6 - 8 mmol/l erhöht, ein Maximalwert wurde mit 11,6 mmol K/l gemessen. Diese Beobachtung steht in Einklang mit Befunden an milchaustauschernährten Kälbern (KÖNIG und MOSER, 1980). Der prä mortale Anstieg der K-Plasmakonzentration ist Ausdruck einer gestörten Verteilung von Na und K in den entsprechenden Flüssigkeitskompartimenten.

Überraschenderweise verhielten sich Ca- und P-Plasmaspiegel bei Hypernatriämie nicht gleichsinnig. Während

bei 11 von 12 Lämmern auch ein Anstieg der P-Konzentration im Plasma gemessen wurde, fiel die Ca-Konzentration prä mortal geringfügig ab.

4.2.6. Na-Toleranz Grenze

Aus den vorgelegten Untersuchungen geht hervor, daß eine Na-Toleranz Grenze bei Lämmern im Gegensatz zu Kälbern unabhängig von der K-Belastung festgelegt werden dürfte.

Obwohl die P-Versorgung in einem Versuch die Na-Toleranz verminderte, sollte bis zum Vorliegen weiterer Ergebnisse auf eine Einbeziehung der P-Konzentration in die Na-Toleranz bzw. deren Berechnung verzichtet werden.

Unter den beschriebenen Versuchsbedingungen werden offensichtlich Na-Konzentrationen in der Tränke toleriert, die 0,8 % Na im Futter in etwa entsprechen. 1 % Na im Milchaustauschfutter führte zur Na-Intoxikation. Dieses Bild wird allerdings durch die Todesfälle mit Hypernatriämie in der Kontrollgruppe und anderen Versuchsgruppen kurz nach Versuchsbeginn etwas unscharf.

Damit dürfte hinsichtlich der Na-Toleranz bei milchaustauschernährten Lämmern und Kälbern mit gleichem Ernährungsregime ein nicht unerheblicher Unterschied bestehen: Bereits 0,7 % Na im Milchaustauscher führte bei Kälbern zu Hypernatriämie (GROPP et al., 1978).

5. ZUSAMMENFASSUNG

In 2 Versuchen wurden Untersuchungen zur Na-Toleranz ausschließlich milchaustauschernährter Lämmer an insgesamt 26 Tieren (Lebendmasse: 10 - 18 kg bei Versuchsbeginn) über 10 - 12 Wochen durchgeführt.

Das Milchaustauschfutter in Versuch I enthielt 66 % Ma-
germilchpulver und 24 % Fett. In Versuch II wurde ein
Milchaustauschfutter eingesetzt, das durch Verwendung
von 30 % eines speziellen Ameisensäure enthaltenden Mol-
kenprodukts den pH-Wert der Tränke bei 200 g Futter/l
Tränke auf 4,2 erniedrigte. Dieser Futtertyp enthielt
weiter 20 % Süßmolkenpulver, 20 % Molkenproteinkonzen-
trat sowie 20 % Fett.

Die Kontrollgruppe erhielt das jeweilige Milchaustausch-
futter ohne Zusatz, der Versuchsgruppe (1) wurde bis zu
0,33 % Na aus Natriumchlorid der Tränke zugesetzt, die
Tränke der Versuchsgruppe (2) enthielt bis zu 0,68 % K
aus Kaliumacetat, in Versuchsgruppe (3) war der P-Gehalt
des Milchaustauschers durch Zusatz von Dicalciumphosphat
auf 1,9 (Versuch I) bzw. 2,0 (Versuch II) erhöht worden.

In Versuch II wurde auf die Gruppe mit Kalium-Zusatz
verzichtet.

Die Zusätze an Na und K wurden mit zunehmender Versuchs-
dauer schrittweise auf die genannten Höchstsätze ange-
hoben.

Die einzelnen Mineralsalze wurden jeweils vor der Füt-
terung der Tränke zugesetzt. Die Tränkkonzentration wur-
de von 200 g (Versuch I) bzw. 250 g (Versuch II) während
des Versuches auf 300 g/l gesteigert. Die Tränkmenge be-

trug 2 - 2,5 l/Tag.

Plasmaproben wurden wöchentlich genommen, Spontanharnproben an 2 Tagen jeder Versuchswoche, Kot wurde an 3 Tagen/Woche gesammelt und als Wochenprobe aufbewahrt.

Alle Proben wurden auf Na und K untersucht, Plasma und Harn zusätzlich auf Cl und P, im Plasma wurde weiter noch die Ca-Konzentration bestimmt.

Aus den Untersuchungen zu Versuchsbeginn an 26 Lämmern sowie von 6 Kontrolltieren während des Versuches konnten folgende Mittelwerte (mit Extremwerten) für die Plasmaelektrolyt-Konzentrationen abgeleitet werden: 152 (146 - 160) mmol Na/l, 5,0 (4,2 - 6,1) mmol K/l, 105 (96 - 114) mmol Cl/l, 3,0 (2,7 - 3,2) mmol Ca/l und 3,7 (3,1 - 4,4) mmol P/l.

Eine Na-Übersorgung führte zur Hypernatriämie (> 170 mmol, Höchstwerte ca. 220 mmol Na/l). Ca. 1 - 3 Wochen nach Verabreichung einer Tränke mit 0,3 - 0,33 % Na wurde dieser Grenzwert überschritten. Das entspricht einer Na-Konzentration im Milchaustauschfutter von 1 - 1,3 %.

Allerdings verendeten auch 2 Lämmer der Kontrollgruppe mit Hypernatriämie, obwohl der Na-Gehalt im Futter nur 0,46 (Versuch I) bzw. 0,34 % (Versuch II) betragen hatte.

Waren 170 mmol Na/l Plasma überschritten, verendeten die Tiere nach 3 - 13 Tagen.

Der unterschiedliche pH-Wert der Tränke hatte keinen Einfluß auf die Na-Toleranz.

Milchaustauschfutter mit überhöhtem P-Gehalt führte ebenfalls zur Hypernatriämie. Dieser Befund wurde allerdings nur in Versuch I erhoben. Es wird zusätzlich aus den Befunden (P/Kreatinin-Quotient im Harn) geschlossen, daß die renale P-Ausscheidung in Versuch II niedriger war als in Versuch I.

Durch Kalium konnte die Na-Toleranz nicht verändert werden.

Aus den Ergebnissen wird geschlossen, daß die Na-Toleranz milchaustauschernährter Lämmer im Bereich von etwa 0,8 % Na im Futter liegt. Unter praktischen Bedingungen (niedrigere Tränkkonzentrationen) dürften auch Werte von 1,0 % Na toleriert werden.

6. SUMMARY

Studies upon the sodium tolerance of lambs

A total of 26 lambs (initial body weight : 10 - 18 kg) was fed in 2 experiments only milk replacer over a period of 10 - 12 weeks.

In trial I, the milk replacer of a conventional type consisted mainly of 66 % skim milk powder and 24 % of a fat mixture. In trial II, the milk replacer was acidified (to pH 4.2 for 200 g feed/l diet) by 30 % of a special whey product containing formiate, the main other constituents were 20 % dried sweet whey, 20 % whey protein concentrate and 20 % fat mixture.

The experimental design was as follows: control group, fed the basic diet (1), additional sodium chloride up to 0.33 % Na of the liquid diet (2), additional potassium acetate up to 0.68 % K of the liquid diet (3) and additional phosphorus from dicalciumphosphate, 1.9 (trial I) and 2.0 (trial II) % of the dry feed (4). In trial II, the potassium group (3) was omitted.

The electrolytes were added to the liquid diet, Na and K at increasing levels corresponding to the age in 2 - 4 weeks steps. Water could be consumed only by the liquid diet, which was at levels of 2.0 - 2.5 l/d containing 200 - 300 g milk replacer/l.

Plasma samples were obtained in weekly intervals, single urine specimens on 2 days the week. Feces samples were collected on 3 days the week and pooled thereafter. All samples were analyzed for Na and K, for Cl and P in plasma and urine, for Ca in plasma only.

From the initial 26 lambs and 6 control lambs during the experimental period (10 - 40 kg body weight) the following physiological means (minimum - maximum values) were obtained : 152 (146 - 160) mmol Na/l plasma, 5.0 (4.2 - 6.1) mmol K/l plasma, 105 (96 - 114) mmol Cl/l plasma, 3.0 (2.7 - 3.2) mmol Ca/l plasma and 3.7 (3.1 - 4.4) mmol P/l plasma.

Hypernatremia became evident after 1 - 3 weeks feeding liquid diets containing 0.3 - 0.33 % sodium, corresponding to 1.0 - 1.3 % sodium in the milk replacer. Death occurred 3 - 13 days after a sodium concentration of 170 mmol/l plasma was exceeded. But also 2 lambs of the control groups (0.46 % (trial I) and 0.34 % Na (trial II) in the dry feed) died showing hypernatremia.

The type of milk replacer (conventional or acidified) did not alter the sodium toxicity.

High dietary phosphorus (4) increased the sodium toxicity in trial I, but it did not in trial II. This could be related to a lower renal excretion of P, measured by the urinary P/creatinine quotient, in trial II. Supplemental potassium did not influence the sodium tolerance.

From the results it is concluded that lambs fed only milk replacer tolerate well milk replacer with 0.8 % sodium. Under more practical conditions (lower milk replacer concentrations in the liquid diet) even higher sodium levels will probably be tolerated.

LITERATURVERZEICHNIS

- Beal, A. M., Budtz-Olsen, O. E., Clark, R. C., Cross, R. B. and T. J. French, 1973
Renal and salivary responses to infusion of potassium, chloride, bicarbonate and phosphate in merino sheep
Quart. J. Exp. Physiol., 58, 251
- Becker, M., 1970
Richtlinien für die Aufstellung von Mineralstoffbedarfsnormen für Rinder
zitiert nach Boehncke, E. (1971)
Methodische Studien zur Elektrolytausscheidung bei männlichen Saugkälbern und Jungbullen
Med. vet. Diss., Univ. München
- Blaxter, K. L. and W. A. Wood, 1953
Some observations on the biochemical and physiological events associated with diarrhoe in calves
Vet. Rec. 65, 889
- Boehncke, E. und I. Rieder, 1974
Untersuchungen zur Kreatininausscheidung wachsender Mastkälber
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde., 33, 268
- Boehncke, E., Gropp, J. und M. Wandl, 1976
Zur renalen Elektrolytausscheidung wachsender Mastkälber
1. Mitteilung: Renale Phosphatausscheidung
2. Mitteilung: Renale Calcium- und Magnesiumausscheidung
3. Mitteilung: Renale Natrium-, Chlorid- und Kaliumausscheidung
Zbl. Vet. Med. A, 23, 688, 717 und 727
- Bothmer, v. G., 1977
Erfahrungen mit der Kalttränke in der Kälberaufzucht.
Grünlandlehranstalt und Marschversuchsstation für Niedersachsen INFELD
Ber. 1950 - 1977
- Clark, R., 1959
A study of the plasma sodium and potassium levels in normal sheep
Onderstepoort J. Vet. Res., 28, 229

- Dobson, A., 1959
Active transport through the epithelium of the reticulo-rumen sac
J. Physiol. 146, 235
- Engelhardt, v. W. und R. Hauffe, 1975
Role of the omasum in absorption and secretion of water and electrolytes in sheep and goats in: Digestion and metabolism in the ruminant The University of New England Publishing Unit, Armidale, Australia
- Flores, O. and M. McLean, 1977
The Evaluation of new rate System for the Determination of Creatinine
Text of a talk presented at / The 29th Annual Meeting of the American Association of Clinical Chemists
Chicago, Illinois
- Gödde, M., 1979
Studien an Kälbern zur Milchaustausch-Tränke mit saurem pH-Wert
Med. vet. Diss., Univ. München
- Gropp, J., 1972
Auf dem Weg zum Milchproteinersatz
Kraftfutter, 55, 294
- Gropp, J., 1975
Neue Möglichkeiten in der Rezepturgestaltung von Milchaustauschern
Aktuelle Themen der Tierernährung und Veredlungswirtschaft
Lohmann-Tagung, Cuxhaven 1975
- Gropp, J., Boehncke, E. und G. Adam, 1977
Wechselbeziehungen zwischen Elektrolytversorgung und Wasserbedarf beim Kalb
Unveröffentlichte Versuchsergebnisse
- Gropp, J. und G. Adam, 1978
Sodium poisoning in veal calves, Vortrag
3rd World Congress of Animal Feeding, Madrid 1978
- Gropp, J., Adam, G. und E. Boehncke, 1978
Der Natrium- und Kaliumgehalt von Milchaustauschfutter als Qualitätsmerkmal in der Kälbermast
Kraftfutter, 11/78, 616
- Günther, K., 1970
Mineralstoff und Tiergesundheit
Fachverband der Futtermittelindustrie e. V. Bonn
Fachabteilung Mineralfutter

- Hagsten, Ib., Peny, T. W. and J. B. Outhouse, 1975
Salt requirements of lambs
J. Anim. Sci., 40, Nr. 2, 329
- Harper, H. A., Löffler, G., Petrides, P. E. und
L. Weiss, 1975
Physiologische Chemie
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Jackson, H. M., Kromann, R. P. and E. E. Ray, 1971
Energy retention in lambs as influenced by
various levels of sodium and potassium in the
rations
J. Anim. Sci., 33, 872
- Jones, D. I. H., 1967
Some effects of feeding sheep on low sodium hay
with and without sodium supplement
Brit. J. Nutr., 31, 391
- Kemp, A., 1968
Die Mineralstoffversorgung von Milchkühen in
der Weidezeit
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde.
23, 267
- König, K., Moser, H. und J. Gropp, 1980
The influence of chloride on the sodium toxicity
in veal calves, Vortrag
IVth International Conference on Production
Disease in Farm Animals
München, 16. - 18. Okt. 1980
- König, K. und H. Moser, 1980
unveröffentlichte Versuchsergebnisse
- Leeuwen, J. M. van, 1970
Domestic salt in cattle nutrition
Physiological consequences of giving salt in
diets low or not low in sodium
Versl. landbouwk. Onderzoek., Nr. 737
- Macfarlane, M. V., Howard, B. and B. D. Siebert, 1967
Water metabolism of Merino and Border Leicester
sheep grazing saltbush
Austral. J. Agric. Res., 18, 947
- Mc Clymont, G. L., Wynne, K. N., Briggs, P. K. and
M. C. Franklin, 1957
Sodium chloride supplementation on high-grain
diets for fattening Merino sheep
Austral. J. Agric. Res., 8, 83

- Meyer, J. H., Weir, W. C., Ittner, N. R. and J. D. Smith, 1955
The influence of high sodium chloride intakes by fattening sheep and cattle
J. Anim. Sci., 14, 412
- Meyer, J. H. and W. C. Weir, 1954
The tolerance of sheep to high intakes of sodium chloride
J. Anim. Sci., 13, 443
- Mills, C. F., 1969
Mineral nutrition and metabolism
Nutr. of Anim. of Agr. Import, 1, 361
Pergamon Press, New York
- Paquay, R., Lomba, F., Lousse, A. and V. Bienfet, 1969
Statistical research on the fate of dietary mineral elements in dry and lactating cows
J. Agric. Science., 73, 445
- Peirce, A. W., 1966
Studies on salt tolerance of sheep
Austral. J. Agric. Res., 17, 209
- Peirce, A. W., 1968 a und b
Studies on salt tolerance of sheep
Austral. J. Agric. Res., 18, 577 und 589
- Petry, H. und W. Rapp, 1971
Zur Problematik der Chromoxidbestimmung in Verdauungsversuchen
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde., 27, 181
- Pfeffer, E., 1968
Untersuchungen über Mineralstoff-Bewegungen im Verdauungskanal von ausgewachsenen Hammeln
Habilitationsschrift, Universität Göttingen
- Pope, A. L., 1971
A review of recent mineral research with sheep
J. Anim. Sci., 33, 1332
- Potter, B. J., 1961
The renal response of sheep to prolonged ingestion of sodium chloride
Austral. J. Agric. Res., 12, 440

- Potter, B. J., 1963
The effect of saline water on Kidney tubular function and electrolyte excretion in sheep
Austral. J. Agric. Res., 14, 518
- Potter, B. J., 1966
The effect of an intravenous infusion of hypertonic saline on renal mechanisms and on electrolyte changes in sheep
J. Physiol., 184, 605
- Potter, B. J., 1968
The influence of previous salt ingestion on the renal function of sheep subjected to intravenous saline
J. Physiol., 194, 435
- Schulz, E., Oslage, H. J. und R. Daenicke, 1974
Untersuchungen über die Zusammensetzung der Körpersubstanz sowie den Stoff- und Energiean-
satz bei wachsenden Mastbullen
Fortschritte in der Tierphysiologie und Tier-
ernährung
Beiheft 4 zur Z. Tierphysiol., Tierernährg. u.
Futtermittelkde.
- Smith, R. H. and J. W. Sissons, 1975
The effect of different feed, including those containing soy bean products, on the passage of digesta from the abomasum of the pre-ruminant calf
Brit. J. Nutr., 33, 329
- Suttle, N. F. and A. C. Field, 1967
Effect of increased intake of potassium and water on the metabolism of magnesium, phosphorus, sodium, potassium and calcium in sheep
Brit. J. Nutr., 21, 819
- Thaisen, J. H. and F. Tarding, 1974
Ductal reabsorption of Na in 1 : 1 exchange for K in sheep parotid in:
Secretory mechanisms of exocrine glands,
Munksgaard, Copenhagen
- Tomas, F. M., Jones, G. B., Potter, B. J. and G. L. Langsford, 1973
Influence of saline drinking water on mineral balances in sheep
Austral. J. Agric. Res., 24, 377

- Ullrich, K. J., 1967
in Keidel, W. D., Physiologie, S. 253
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Underwood, E. J., 1966
The mineral nutrition of livestock
Commonwealth Agric. Bureaux,
Farnham Royal, Slough, Bucks
- Vaskov, B., Petkov, K., Duma, H., Andreeva, M.,
Maleva, O. and G. Petkov, 1965 - 66
Variations of calcium, phosphorus, potassium,
sodium and chlorides in the serum of sheep
God. Zborn. zemjodel. - šumarsk. Fak.
Univ. Skopje 19, 327
- Vogel, G. und K. Gärtner, 1976
Physiologie der Niere; Wasser- und Elektrolyt-
haushalt
in Scheunert, A. und Trautmann, A.,
Lehrbuch der Veterinärphysiologie, 6. Auflage
Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- Wandl, M., 1975
Ein Beitrag zur renalen Elektrolytausscheidung
wachsender Mastkälber
Med. vet. Diss. Univ. München
- Weeth, H. J., Haverland, L. H. and D. W. Cassard, 1960
Consumption of sodium chloride water by heifers
J. Anim. Sci., 19, 845
- Werk, O. und G. Rosenberger, 1969
Untersuchung zum Mineralstoffwechsel des Rindes
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde.
25, 169
- Widdowson, E. M. and J. W. T. Dickerson, 1964
Chemical composition of the body in Mineral
metabolism, 2 A,
Eds. C. L. Comar and F. Bronner. Academic Press,
New York; London, p. 249
- Wilson, A. D., 1966
The tolerance of sheep to sodium chloride in
food or drinking water
Austral. J. Agric. Res., 17, 503
- Wilson, A. D., 1967
Observations on the adaptation by sheep to
saline drinking water
Austral. J. Exp. Agric. Husb., 7, 321

- Wilson, A. D., 1968
The effect of high salt intake or restricted
water intake on diet selection by sheep
Brit. J. Nutr., 22, 583
- Wilson, A. D. and M. L. Dudzinski, 1973
Influence of the concentration and volume of
saline water on the food intake of sheep, and
on their excretion of sodium and water in
urine and faeces
Austral. J. Agric. Res., 24, 245
- Agriculture Research Council (A. R. C.), 1965
The Nutrient Requirements of Farm Livestock,
Nr. 2, Ruminants London
- National Research Council (N. R. C.), 1968
Nutrient Requirements of Domestic Animals, Nr. 5
of Sheep
N. R. C., Washington
- National Research Council (N. R. C.), 1975
Nutrient Requirements of Domestic Animals, Nr. 5
of Sheep
National Academy of Sciences, Washington
- Nachtrag:
- Luthmann, J., Persson, J., Nilsson, G. and R. Lindberg,
1977
The Effect of a High Calcium - high Energy Diet
on Calcium Metabolism and Plasma Gastrin Levels
in Pregnant Ewes
Zbl. Vet. Med. A, 24, 486
- Weaver, A. D., 1974
Haematological and Plasma Biochemical Para-
meters in Adult Male Sheep
Zbl. Vet. Med. A, 21, 1

ANHANG

Gewichtsentwicklung
Lebendmasse (kg)

Vers.- tag	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier Nr.				K - Gruppe Tier Nr.			P - Gruppe Tier Nr.		
	3	9	14	16	5	7	8	10	1	2	12	15	4
1.	10,5	14,8	8,9	7,8	12,4	11,1	8,5	10,0	12,5	11,1	8,4	9,8	8,6
8.	11,6	18,0	11,6	10,3	15,5	13,5	11,4	13,2	15,3	14,1	11,0	12,5	10,7
15.	14,0	20,9	14,0	11,7	16,5	16,2	15,3		18,3	17,4	14,3	14,1	13,1
22.	15,0	24,4	16,1	13,7	15,0	19,9	17,7		21,5	20,0	16,6	17,0	15,7
29.	15,5	27,4	18,3	15,6		23,6	20,5		24,2	22,2	20,0	19,3	17,3
36.	14,0	31,2	20,5	17,8		26,7	23,5		27,2	22,1	22,4	21,1	18,1
43.		33,7	23,0	20,8		29,7	25,3		32,1		25,7	22,9	18,0
50.		34,4	25,2	22,1		31,8	26,4		33,8		27,4	24,2	17,0
57.		35,0	26,2	23,5		27,6	25,4		37,7		28,1	25,7	
64.		35,8	28,0	26,1			23,9		39,8		31,1	28,1	
71.		38,0	30,9	27,6					43,1		34,1	30,2	

Na - Konzentration im Blutplasma.
(mmol/l)

Versuchstag	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier Nr.					K - Gruppe Tier Nr.					P - Gruppe Tier Nr.				
	3	9	14	16	5	7	8	10	1	2	12	15	4	11	13	17		
1.	157	156	150	149	147	153	146	149	158	148	150	157	149	157	153	154		
8.	189	157	151	157	157	154	159	150	154	154	152	159	153	156	151	151		
12.																		
13.																		
15.																		
17.	176	153	146	151	179	152	148		147	152	149	166	151	184	155	149		
20.					183													
22.					190									171				
23.	182	150	150	154	212	148	146		151	158	157	147	147		156	148		
25.					228													
29.	183	151	146	150		153	151		149	159	149	145	150		152	150		
36.	221	150	153	151		161	149		158	201	155	152	151		167	153		
38.									224									
39.									227									
43.						156	152		157	158	155	155	169		171	154		
45.													164		170			
48.													177		186			
50.		152	148	149		147	148		149		150	149	183		188	144		
53.						163	165								208			
54.						183	173								204			
57.						195	181		173		163	155				158		
58.		162	158	149		192	183											
59.						192	183											
60.						188	175											
62.							186											
64.			160	149			203		154		157	151				154		
65.		170	158				205											
66.							205											
71.		165	156	151					157		152	156				155		

K - Konzentration im Blutplasma
(mmol/l)

Versuchstag	Kontrolle				Na - Gruppe				K - Gruppe				P - Gruppe			
	3	9	14	16	5	7	8	10	1	2	12	15	4	11	13	17
1.	5,2	4,8	4,8	5,7	4,7	4,4	4,6	4,7	6,1	5,2	4,2	5,2	4,9	5,5	4,9	6,1
8.	5,9	5,4	5,1	5,4	5,4	4,9	5,6	5,2	5,5	5,6	5,1	6,0	6,0	6,0	4,8	5,8
12.								9,6								
13.					5,7				5,0	5,7	5,4	6,4	5,1	5,9	5,7	5,5
15.					6,1											
17.					6,7											
20.					6,9									3,9		
22.	6,0	5,0	4,9	4,9	7,3	4,5	5,1		4,9	5,1	5,0	5,4	4,5		5,6	5,1
23.					7,5											
29.	5,2	4,8	5,0	5,1		4,7	4,8		5,1	5,2	4,9	5,3	4,2		5,2	5,2
36.	10,5	4,6	4,7	5,0		5,6	5,0		5,5	6,8	5,6	5,3	4,7		4,9	5,4
38.										8,3						
39.										11,6						
43.									5,5				5,4		5,1	5,4
45.													5,1		4,7	
48.													4,3		4,2	
50.									4,8				6,7		4,7	4,8
53.		4,6	4,6	4,9		5,0	4,8								5,3	
54.						4,7	5,8								8,2	
57.						5,1	4,7									
58.						5,6	5,4									
59.		4,4	4,8	4,7		6,3	5,2		6,2							
60.						7,1	4,6									
62.						9,7	4,6									
64.							5,0									
65.		5,5	4,9	5,2			5,1		5,7		5,7	5,3				5,4
66.							5,6									
71.		5,1	5,1	5,2			6,4		5,0		4,8	5,5				4,9

Cl - Konzentration im Blutplasma
(mmol/l)

Vers.- tag	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier Nr.			10	K - Gruppe Tier Nr.			P - Gruppe Tier Nr.				
	3	9	14	5	7	8		1	2	12	15	4	11	13	17
1.	107,1	101,0	99,5	95,5	99,2	96,0	102,6	105,9	99,8	107,1	108,9	99,9	105,0	103,2	104,7
8.	135,9	107,1	99,6	105,1	98,7	101,8	98,8	99,3	99,4	98,6	108,5	110,9	109,5	106,0	108,6
12.							102,9								
13.	125,6	103,8	99,9	141,7	101,5	96,6		99,9	99,9	100,1	113,8	107,6	135,8	111,2	107,1
15.				138,6											
17.				143,3											
20.				164,1									129,7		
22.	130,6	96,4	99,1	174,4	103,3	102,0		101,0	105,5	108,4	95,6	102,5		111,7	105,1
23.				176,3											
29.	132,6	103,4	102,1	105,5	105,5	102,0		104,7	108,9	103,4	100,8	109,1		105,4	104,0
36.	176,1	98,8	105,0	112,0	101,6			105,0	138,2	106,5	104,1	109,7		115,9	104,6
38.									163,0						
39.									158,1						
42.	103,7	107,3	104,4		109,2	102,4		103,4		104,6	105,5	125,8		123,6	107,5
45.												120,6		121,0	
48.												137,7		140,7	
50.	110,3	103,3	107,0		106,9	103,9		101,3		108,4	102,2	146,4		141,6	111,8
53.					120,5	117,7								157,6	
54.					136,0	123,3								159,2	116,4
57.					144,4	135,6									
58.	122,1	114,3	110,2		152,4	137,1		108,1		115,3	108,9				
59.					148,2	138,8									
60.					141,5	128,4									
62.		110,8			137,1										
64.	121,5	113,5	103,1		161,0			107,1		108,2	105,1				108,4
65.					162,0										
66.					145,9										
71.	115,9	108,4	106,7					103,6		102,1	108,9				112,1

P - Konzentration im Blutplasma
(mmol/l)

Versuchs- tag	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier Nr.				K - Gruppe Tier Nr.			P - Gruppe Tier Nr.					
	3	9	14	16	5	7	8	10	1	2	12	15	4	11	13	17
1.	3,99	3,30	3,90	3,25	3,09	4,07	3,26	3,55	3,16	4,01	3,48	3,34	4,07	4,10	3,39	3,57
8.	5,23	3,80	3,94	3,90	4,26	3,83	4,49	3,84	3,86	4,41	3,74	4,18	4,65	4,25	3,52	4,36
12.								5,92								
13.	3,96	4,10	4,01	3,94	4,07	3,91	3,73		3,94	4,14	3,84	4,50	4,46	5,85	3,94	4,38
15.					3,52											
17.					5,25									7,37		
20.					4,57				3,45	4,42	3,45	3,23	4,31		3,50	3,75
22.	4,17	3,58	4,35	3,51	5,82	3,52	3,68									
23.					7,74											
29.	4,50	3,87	3,49	3,42		3,79	4,06		3,66	4,69	3,66	3,27	3,86		4,10	3,92
36.	9,47	3,65	3,95	3,65		4,04	3,69		3,68	5,31	3,50	3,65	3,39		3,36	3,73
38.										10,15						
39.										11,57						
43.		4,04	4,24	4,16		3,96	3,88		4,01		4,07	3,58	3,54		3,77	3,72
45.													4,30		3,80	
48.													4,74		5,21	
50.		3,06	3,66	3,33									5,68		4,32	3,38
53.															7,93	
54.															8,21	
57.		3,10	3,53	3,02												
58.																
59.						8,07										
60.																
62.		3,65	3,65													
64.		3,65	3,70	3,73					2,72		3,61	3,27				3,57
65.																
66.		3,66	4,23	3,60					3,30		3,55	3,76				3,47
71.																

Tab. A. I. 7

Na - Konzentration im Kot
(in % der Trockensubstanz)

Vers - woche	Kontrolle Tier Nr.				Na - Gruppe Tier Nr.				K - Gruppe Tier Nr.				P - Gruppe Tier Nr.			
	3	9	14	16	5	7	8	10	1	2	12	15	4	11	13	17
1.	0,58	0,17	0,13	0,15	0,21	0,06	0,11	0,12	0,14	0,09	0,04	0,53	0,15	0,15	0,25	0,38
2.	0,72	0,10	0,22	0,15	0,83	0,59	0,12		0,13	0,09	0,23	0,51	0,29	0,18	0,08	0,49
3.	0,49	0,09	0,09	0,11	2,28	0,13	0,18		0,32	0,18	0,31	0,42	0,31		0,14	0,45
4.	0,70	0,09	0,18	0,51		0,13	0,08		0,10	0,20	0,10	0,26	0,12		0,11	0,28
5.	0,33	0,13	0,18	0,10		0,09	0,14		0,12	0,65	0,05	0,20	0,12		0,19	0,38
6.		0,09	0,15	0,16		0,19	0,31		0,12		0,07	0,29	0,17		0,26	0,31
7.		0,13	0,29	0,38		0,15	0,25		0,09		0,13	0,24	0,25		0,43	0,18
8.		0,11	0,64	0,21		0,80	0,27		0,08		0,24	0,13				0,19
9.		0,28	0,47	0,33			0,76		0,10		0,10	0,15				0,32
10.		0,55	0,20	0,43					0,11		0,14	0,11				0,33

K - Konzentration im Kot
(in % der Trockensubstanz)

Vers.- woche	Kontrolle Tier Nr.		Na - Gruppe Tier Nr.		K - Gruppe Tier Nr.			P - Gruppe Tier Nr.								
	3	9	14	16	5	7	8	10	1	2	12	15	4	11	13	17
1.	0,56	0,32	0,51	0,36	0,38	0,17	0,28	0,32	0,72	0,24	0,14	0,55	0,27	0,27	0,44	0,36
2.	1,34	0,85	0,60	0,29	0,55	0,39	0,17		0,28	0,54	0,76	2,28	0,29	0,57	0,68	0,67
3.	1,40	0,40	0,19	0,53	1,10	0,41	0,18		0,61	0,43	1,54	1,79	0,60		1,11	0,81
4.	1,41	0,58	0,47	0,34		0,41	0,24		1,16	1,29	0,41	0,97	0,46		1,04	0,62
5.	1,07	0,54	0,39	0,36		0,23	0,22		0,45	1,49	0,36	0,55	0,37		1,05	0,18
6.		0,71	0,57	0,44		0,41	0,20		1,10		0,47	0,91	1,65		1,80	0,28
7.		0,96	1,19	0,88		0,69	0,70		1,09		1,12	0,74	1,52		2,10	0,31
8.		1,01	1,71	0,61		1,29	0,84		0,79		1,65	0,79				0,66
9.		1,40	1,66	0,53			0,62		0,80		0,46	0,73				0,56
10.		1,17	0,83	0,43					0,63		0,66	1,15				0,74

Tab. A. I. 9

Trockensubstanz im Frischkot
(%)

Vers.- woche	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier Nr.			K - Gruppe Tier Nr.			P - Gruppe Tier Nr.						
	3	9	14	16	5	7	8	10	1	2	12	15	4	11	13	17
1.	9,7	17,1	20,8	29,0	29,3	40,3	40,4	30,1	25,8	38,4	42,7	17,1	50,0	20,5	15,6	31,6
2.	7,3	27,9	22,8	37,6	28,3	23,5	43,1		37,8	31,6	15,5	9,6	30,3	21,3	21,5	26,4
3.	7,4	38,6	53,0	30,4	11,1	22,8	43,2		23,2	36,9	11,2	9,1	20,0		15,9	18,1
4.	8,3	19,0	40,6	28,6		28,8	36,8		8,1	8,6	32,0	13,2	32,3		7,2	22,9
5.	29,7	13,7	33,0	42,7		40,8	43,0		20,3	7,0	31,2	27,7	30,8		6,2	41,8
6.		9,1	17,7	26,6		27,7	42,9		8,5		31,8	12,3	9,2		7,6	29,1
7.		7,2	10,5	13,0		20,2	16,5		9,3		10,4	18,0	11,7		14,2	39,8
8.		8,0	7,1	25,3		13,4	23,6		13,7		28,9	19,0			31,4	
9.		11,4	9,5	24,1			29,6		27,9		34,4	16,3			22,0	
10.		9,4	14,9	27,6					24,3		30,9	13,8			17,0	

Na - Konzentration im Spontanharn
(mmol/l)

Versuchstag	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier Nr.				K - Gruppe Tier Nr.				P - Gruppe Tier Nr.				
	3	9	14	16	5	7	8	10	1	2	12	15	4	11	13	17
1.	39	96	39	43	138	54	80	65	17	60	80	62	79	61	54	33
5.	109	68	130	51	116	153	236	202	19	28	33	123	73	109	115	38
8.	68	31	59	28	118	127	133	91	20	89	56	66	71	108	98	45
12.	66	50	36	30	96	246	222		49	41	30	105	74	53	49	93
15.	44	65	62	23	105	51	186		67	35	53	130	20	37	87	53
19.	15	58	41	16	70	157	99		38	175	68	138	86	84	96	58
22.	132	124	43	18	57	112	179		25	143	7	87	61	54	54	50
26.	22	83	45	29		61	47		59	99	49	122	45	83	81	84
29.	17	30	114	10		126	123		147	81	22	117	77	87	87	50
33.	15	57	44	13		158	244		163	71	209	64	108	87	95	71
36.	19	37	148	13		272	245		125	172	58	64	129	167	167	66
40.		144	216	42		314	376		146		116	248	156	71	77	71
43.		59	86	51		261	148		251		42	83	134	58	58	169
47.		48	203	76		336	368		312		312	282	56	108	108	91
50.		254	155	92		488	306		261		244	108	105			127
54.		160	247	142		276	265		332		256	253				225
57.		135	205	81		150	230		140		173	372				120
61.		138	184	193			318		258		54	58				236
64.		185	135	106			276		186		188	238				143
68.		204	208	222					245		76	106				199
71.		258	95	69					247							

Tab. A. I. 11

K - Konzentration im Spontanharn
[mmol/l]

Versuchstag	Kontrolle Tier Nr. 3 9 14 16	Na - Gruppe Tier Nr. 5 7 8 10	K - Gruppe Tier Nr. 1 2 12 15	P - Gruppe Tier Nr. 4 11 13 17
1.	85	100	126	81
5.	41	37	32	68
8.	87	26	12	60
12.	74	59	33	50
15.	83	198	225	68
19.	25	36	155	27
22.	27	105	42	83
25.	14	87	17	107
29.	18	20	70	131
33.	45	20	28	93
36.	96	91	14	64
40.	32	45	70	29
43.	34	127	146	17
47.	99	157	159	29
50.	32	45	16	77
54.	76	107	46	110
57.	113	95	312	134
61.	53	59	182	135
64.	111	162	400	167
68.	106	102	174	173
71.	115	139	354	202
	89	81	176	202
	205	49	36	137
	147	251	498	88
	196	263	250	116
	298	266	229	107
	354	205	278	225
	258	179	235	187
	258	192	272	348
	258	165	456	217
	362	201	554	256
	181		340	256
	219		202	262
	147		205	
	147			

Cl - Konzentration im Spontanharn
(mmol/l)

Vers.- tag	Kontrolle Tier Nr.				Na - Gruppe Tier Nr.				K - Gruppe Tier Nr.				P - Gruppe Tier Nr.			
	3	9	14	16	5	7	8	10	1	2	12	15	4	11	13	17
1.	75,6	45,8	48,8	76,8	112,8	88,2	80,1	78,8	25,1	105,8	77,5	67,5	107,2	63,5	42,5	45,4
5.	100,2	96,7	166,4	88,1	126,1	171,3	290,9	310,5	44,4	214,5	63,9	192,4	130,6	148,3	119,2	47,7
8.	81,7	51,6	89,9	64,9	119,4	152,0	159,3	114,1	25,6	120,9	109,2	93,7	109,5	146,0	118,3	50,4
12.	86,4	60,8	47,0	43,8	115,4	342,6	198,6		46,6	196,2	47,8	85,6	103,6	98,2	42,0	115,4
15.	116,2	83,4	73,8	79,0	152,4	77,6	253,4		84,4	154,4	69,0	107,0	34,0	112,8	149,4	75,4
19.	101,0	60,0	52,2	42,0	106,8	184,4	123,6		53,8	176,4	77,6	102,4	71,8	89,2	139,8	69,2
22.	183,2	67,4	96,2	83,4	98,8	120,6	176,0		37,6	163,0	14,8	245,0	75,6		74,4	72,0
26.	144,0	110,4	69,2	47,2		66,0	81,4		82,6	150,0	41,2	195,6	24,0	115,6	36,2	
29.	83,6	68,2	193,8	84,2		129,2	157,0		220,6	139,0	29,4	122,8	83,0	108,8	97,4	
33.	62,8	109,4	56,6	63,2		175,6	293,4		276,4	149,4	236,4	176,0	125,2	146,4	78,6	
36.	46,6	77,2	155,4	82,4		294,0	306,4		227,8	192,8	164,2	165,6	151,8	123,2	96,4	
40.		187,2	271,8	114,6		376,8	393,4		296,6		131,2	261,2	147,4	183,4	89,4	
43.		118,0	225,2	73,4		337,4	214,2		279,6		106,2	188,8	194,4	111,0	101,4	
47.		118,8	315,8	97,0		409,4	386,8		302,0		236,4	254,2	93,8	99,0	234,6	
50.		332,4	356,2	206,4		464,8	420,0		307,4		368,4	243,0	146,4	114,2	115,2	
54.		243,8	380,6	278,4		393,6	421,8		388,0		225,6	160,0			193,0	
57.		248,4	344,6	240,2		184,2	448,2		231,0		238,8	308,0			295,0	
61.		304,6	243,0	356,6			382,2		209,4		239,0	257,8			261,8	
64.		219,0	249,8	345,8			409,8		355,2		124,0	136,6			330,0	
68.		317,4	298,4	351,4					344,2		365,4	381,4			243,6	
71.		503,2	240,6	165,6					345,2		304,4	213,6			239,8	

Tab. A. I. 13

P - Konzentration im Spontanharn
(mmol/l)

Vers. tag	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier Nr.			K - Gruppe Tier Nr.			P - Gruppe Tier Nr.		
	3	9	14	5	7	8	10	1	2	12	15	17
1.	44,6	66,4	14,8	58,1	15,6	81,0	15,9	108,9	21,8	28,0	27,4	10,0
5.	28,0	28,0	24,3	14,7	18,1	22,7	33,6	11,2	20,8	9,6	74,7	13,9
8.	40,8	13,0	15,9	11,6	28,6	17,5	11,3	3,8	14,3	7,0	24,8	13,8
12.	44,5	22,0	12,6	18,2	76,1	38,0		13,9	28,7	7,5	20,9	33,8
15.	67,4	16,7	10,7	25,8	14,8	26,9		11,8	34,5	11,5	23,8	24,1
19.	65,6	44,2	9,1	21,2	38,9	28,9		7,2	35,9	13,7	32,4	22,0
22.	53,4	53,7	28,6	15,7	14,7	41,4		7,2	25,6	8,8	58,2	22,4
26.	41,0	18,9	19,4		16,2	12,4		38,1	41,8	26,2	29,7	15,4
29.	45,8	29,5	27,4		71,0	69,4		45,0	52,8	17,3	22,8	32,5
33.	41,2	31,6	29,5		30,8	54,5		36,7	50,0	78,4	30,8	22,6
36.	35,9	18,0	31,9		44,2	41,0		43,4	24,1	59,7	27,1	20,1
40.		41,5	69,9		84,6	68,2		60,7		31,7	41,5	24,8
43.		25,3	52,9		86,7	24,2		106,4		25,0	28,2	21,8
47.		35,5	55,0		110,1	33,6		71,3		41,8	32,2	90,3
50.		79,8	138,7		92,9	94,0		123,4		79,2	51,5	21,1
54.		119,7	144,4		76,4	45,4		102,0		87,9	49,2	101,2
57.		63,3	100,1		14,4	86,5		57,4		56,6	100,9	104,6
61.		59,3	110,0			36,3		68,6		34,1	91,9	87,1
64.		109,2	83,4			43,8		96,5		59,7	37,7	127,8
68.		90,8	94,8					121,9		53,6	52,0	
71.		21,8	63,6					112,5		67,2	143,6	221,7

Kreatinin - Konzentration im Spontanharn
(mmol/l)

Vers.- tag	3	Kontrolle Tier Nr. 9 14 16	Na - Gruppe Tier Nr. 5 7 8 10	K - Gruppe Tier Nr. 1 2 12 15	P - Gruppe Tier Nr. 4 11 13 17
1.	2,4	7,0	5,4	7,4	2,8
5.	1,8	4,0	1,6	1,2	3,6
8.	3,6	1,8	1,6	0,6	3,8
12.	3,8	2,0	2,7	0,6	3,8
15.	4,4	1,8	2,4	1,4	2,6
19.	4,8	1,0	1,2	2,2	1,6
22.	4,6	1,8	3,2	1,6	1,6
26.	4,6	4,2	5,0	1,2	1,8
29.	4,8	3,0	1,4	3,8	1,6
33.	4,2	2,2	8,4	6,6	1,6
36.	11,8	2,0	2,8	9,0	11,8
40.		6,6	6,0	10,6	7,8
43.		4,0	7,2	8,8	9,8
47.		4,8	11,4	7,8	9,8
50.		8,8	11,0	11,6	13,4
54.		10,2	16,0	11,8	13,4
57.		13,0	8,2	6,6	11,8
61.		16,6	15,4	7,4	14,2
64.		14,2	10,4	12,6	15,8
68.		16,8	14,2	12,4	14,6
71.		17,8	15,8	11,8	14,0

Tab. A. I. 15

pH - Wert im Spontanharn

Vers.-tag	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier Nr.			K - Gruppe Tier Nr.			P - Gruppe Tier Nr.					
	3	9	14	5	7	8	10	1	2	12	15	4	11	13	17
1.	5,64	7,11	5,90	6,67	5,55	5,52	5,83	5,69	5,43	5,79	5,54	5,79	5,95	6,77	5,85
5.	5,86	5,63	5,58	6,19	5,83	5,67	6,28	5,90	7,89	5,84	6,18	5,68	5,61	5,53	5,76
8.	5,40	5,61	5,53	6,00	5,88	5,63	6,56	6,37	5,90	5,78	5,41	5,79	5,48	5,61	5,63
12.	5,23	5,86	5,87	5,50	5,99	6,80		7,06	6,71	6,25	7,26	5,72	5,57	5,75	5,34
15.	5,58	5,56	5,48	5,19	5,93	6,01		6,80	5,93	5,85	7,14	5,89	5,58	5,52	5,31
19.	5,50	5,62	5,28	5,52	5,85	5,40		6,10	5,91	5,73	7,96	5,63	5,50	5,41	5,30
22.	5,47	5,44	5,29	4,86	5,74	6,83		5,94	5,34	6,14	5,16	5,65	5,56	5,45	5,30
26.	5,39	5,46	5,36		5,67	6,08		6,87	6,38	6,01	6,36	5,86	5,45	5,45	5,28
29.	5,19	5,42	5,24		5,40	5,18		6,43	5,81	6,07	7,68	5,51	5,51	5,08	5,02
33.	5,15	5,41	5,51		5,56	5,55		6,74	5,30	6,99	7,23	5,68	5,30	5,33	5,33
36.		5,85	5,91		5,65	5,55		5,31	5,89	6,77	7,72	5,68	5,41	5,45	5,45
40.		5,20	5,70		5,35	5,77		5,47	5,89	6,97	7,10	5,84	5,45	5,39	5,27
43.		5,44	5,66		5,32	5,33		5,48		6,20	7,59	5,55	5,29	5,40	5,40
47.		5,99	6,08		5,57	5,89		6,87		8,05	7,03	5,84	5,41	5,62	5,51
50.		5,47	5,34		5,57	5,71		6,24		6,52	7,48	5,62			5,73
54.		5,56	5,69		5,74	5,68		5,87		6,87	7,40	7,40			5,66
57.		5,50	5,71		5,51	5,79		7,20		7,99	6,30	7,17			5,54
61.		5,55	5,82			5,67		5,65		8,42	8,33	8,47			5,43
64.		5,27	5,75			5,46		5,65		8,47	5,67	5,86			5,66
68.		5,31	5,61					5,30		6,86	5,67				5,66
71.		5,40	5,76					5,33		6,66	6,80				5,76

Na/Kreatinin (Kr) - Quotienten im Spontanharn

Gruppenmittelwerte / Woche

Tab. A. 1. 1

(mmol/l : mmol/l)

Versuchs- woche	Kontrolle		Na - Gruppe		K - Gruppe		P - Gruppe	
	Tier- zahl	Na/Kr	Tier- zahl	Na/Kr	Tier- zahl	Na/Kr	Tier- zahl	Na/Kr
VB a)	4	19,93	4	34,20	4	24,12	4	45,19
1.	4	29,64	4	57,43	4	24,77	4	31,50
2.	4	25,90	3	46,90	4	34,46	4	25,67
3.	4	15,15	3	34,84	4	23,98	b)	26,73
4.	4	16,64	2	29,40	4	19,26	3	18,95
5.	4	15,84	2	40,23	4	14,61	3	19,93
6.	3	17,31	2	37,73	3	25,41	3	22,62
7.	3	17,25	2	35,14	3	22,29	3	20,25
8.	3	10,62	2	18,23	3	18,74	1	14,28
9.	3	10,13	1	25,01	3	16,81	1	11,70
10.	3	10,66			3	15,38	1	12,00

K/Kreatinin (Kr) - Quotienten im Spontanharn

Gruppenmittelwerte / Woche

Tab. A. 1. 17

(mmol/l : mmol/l)

Versuchs- woche	Kontrolle		Na - Gruppe		K - Gruppe		P - Gruppe	
	Tier- zahl	K/Kr	Tier- zahl	K/Kr	Tier- zahl	K/Kr	Tier- zahl	K/Kr
VB a)	4	26,17	4	20,30	4	16,73	4	21,27
1.	4	21,86	4	19,31	4	33,28	4	17,08
2.	4	17,18	3	30,51	4	30,21	4	18,86
3.	4	18,38	3	19,24	4	20,90	b)	18,11
4.	4	21,53	2	28,15	4	25,24	3	15,58
5.	4	22,48	2	12,56	4	29,95	3	15,75
6.	3	20,95	2	17,92	3	29,66	3	18,34
7.	3	23,71	2	11,82	3	35,35	3	15,03
8.	3	17,18	2	12,60	3	24,61	1	16,32
9.	3	13,97	1	15,01	3	44,18	1	19,12
10.	3	10,81			3	25,48	1	18,12

a) Zur Berechnung des Gruppenmittelwertes (VB) wurde nur ein Wert/Tier herangezogen.

b) Von Tier Nr. 11 konnte nur ein Wert in den Gruppenmittelwert/ Woche einbezogen werden.

Cl/Kreatinin (Kr) - Quotienten im Spontanharn

Gruppenmittelwerte / Woche

Tab. A. I. 18

(mmol/l : mmol/l)

Versuchs- woche	Kontrolle		Na - Gruppe		K - Gruppe		P - Gruppe	
	Tier- zahl	Cl/Kr	Tier- zahl	Cl/Kr	Tier- zahl	Cl/Kr	Tier- zahl	Cl/Kr
VB a)	4	26,51	4	41,83	4	28,31	4	50,45
1.	4	39,86	4	68,13	4	47,05	4	40,63
2.	4	36,46	3	59,43	4	44,40	4	36,91
3.	4	24,22	3	41,44	4	29,64	b)	33,77
4.	4	32,10	2	38,92	4	25,47	3	22,52
5.	4	28,95	2	46,08	4	24,68	3	28,00
6.	3	29,20	2	46,88	3	35,61	3	29,64
7.	3	27,76	2	38,83	3	31,78	3	26,73
8.	3	18,87	2	27,98	3	22,59	1	18,30
9.	3	18,08	1	32,81	3	21,65	1	20,83
10.	3	18,74			3	27,58	1	16,91

P/Kreatinin (Kr) - Quotienten im Spontanharn

Gruppenmittelwerte / Woche

Tab. A. I. 19

(mmol/l : mmol/l)

Versuchs- woche	Kontrolle		Na - Gruppe		K - Gruppe		P - Gruppe	
	Tier- zahl	P/Kr	Tier- zahl	P/Kr	Tier- zahl	P/Kr	Tier- zahl	P/Kr
VB a)	4	12,45	4	12,25	4	12,69	4	14,36
1.	4	18,58	4	7,36	4	7,48	4	14,73
2.	4	11,05	3	10,28	4	8,52	4	17,04
3.	4	8,78	3	7,82	4	6,77	b)	16,65
4.	4	8,84	2	10,39	4	7,76	3	14,11
5.	4	10,05	2	7,46	4	5,51	3	12,24
6.	3	7,63	2	9,20	3	8,14	3	11,87
7.	3	9,02	2	7,23	3	7,07	3	9,00
8.	3	7,70	2	4,00	3	6,44	1	8,23
9.	3	6,75	1	3,29	3	6,19	1	6,44
10.	3	5,69			3	7,75	1	12,30

a) Zur Berechnung des Gruppenmittelwertes (VB) wurde nur ein Wert/Tier herangezogen.

b) Von Tier Nr. 11 konnte nur ein Wert in den Gruppenmittelwert/Woche einbezogen werden.

GewichtsentwicklungLebendmasse (kg)

Versuchstag	Kontrolle Tier Nr.				Na - Gruppe Tier Nr.			P - Gruppe Tier Nr.		
	2	4	5	6	1	7	8	3	9	10
1.	19,7	14,1	17,2	18,2	15,3	21,4	18,8	20,7	18,3	16,4
9.	23,8	16,7	19,4	22,4	18,9	24,7	21,7	17,4	21,3	19,0
16.	26,6	19,7	22,2	24,9	20,9	27,6	24,3		23,1	21,0
23.	29,4	21,7	24,1	27,9	22,6	29,7	27,4		25,6	23,6
30.	30,7	23,9	25,6	29,4	24,6	32,1	29,6		27,1	25,5
37.	33,2	26,3	28,6	30,5	25,0	33,9	31,0		28,9	28,1
44.	35,8	27,2	30,7	33,2	25,0	35,8	31,7		30,4	30,9
51.	37,7	30,5	33,2	36,7	27,6	37,9	35,0		32,9	33,4
58.	38,9	32,6	34,4	37,9	28,8	38,3	38,5		34,9	34,6
65.	40,0	33,2	35,0	39,1	28,0	38,5	36,5		36,0	34,8
72.	41,7	33,4	33,6	40,4	27,9	40,7	35,4		37,8	37,1
79.	Gewichtsbestimmung entfallen									
86.	45,9	36,2		46,2			41,0		39,6	41,7

Tab. A. II. 2

Na - Konzentration im Blutplasma
(mmol/l)

Versuchstag	2	Kontrolle Tier Nr. 4 5	6	Na - Gruppe Tier Nr. 1 7 8	P - Gruppe Tier Nr. 3 9 10
1.	155	153	152	158	158
9.	152	152	150	153	169
11.					176
12.					175
16.	151	152	150	149	149
23.	153	152	149	151	153
30.	149	150	149	148	152
37.	151	151	152	157	153
44.	150	153	152	157	152
48.				155	151
49.				156	
51.	151	150	149	155	150
58.	150	149	149	148	152
65.	151	154	156	158	152
72.	148	157	174	174	151
75.				152	152
76.				185	
77.				183	
78.					
79.	148	160	155	150	158
84.		161		152	157
86.	149	161	150	149	152

K - Konzentration im Blutplasma
(mmol/l)

Versuchstag	Kontrolle		Na - Gruppe		P - Gruppe	
	Tier Nr. 4	Tier Nr. 5	Tier Nr. 6	Tier Nr. 7	Tier Nr. 8	Tier Nr. 9 10
2				1	8	3
1.	5,0	4,6	4,9	5,0	4,7	4,9
9.	5,0	4,8	4,8	5,1	5,0	5,5
11.						4,6
12.						5,1
16.	4,8	4,9	5,0	5,7	4,8	5,2
23.	5,6	4,8	5,3	5,1	5,1	4,8
30.	4,3	4,7	4,4	5,2	4,9	4,6
37.	4,4	5,3	4,2	4,9	4,6	4,7
44.	4,3	4,4	4,5	4,8	4,8	4,8
48.				4,6	4,6	
49.				4,5	4,7	
51.	5,2	5,0	4,8	4,8	4,5	4,9
58.	5,1	4,6	4,5	4,8	4,5	4,9
65.	4,3	4,6	4,6	4,4	4,8	4,6
72.	4,2	4,1	4,1	4,6	5,0	4,4
75.					6,1	4,8
76.				5,0		
77.				5,3		
78.						
79.	4,3	4,0	4,5	4,4	4,6	4,9
84.		4,2		4,3		
86.	4,8	5,7	4,7	4,3	4,4	4,2

Tab. A. II. 4

Cl - Konzentration im Blutplasma
(mmol/l)

Versuchstag	Kontrolle Tier Nr.		Na - Gruppe Tier Nr.		P - Gruppe Tier Nr.					
	2	4	5	6	1	7	8	3	8	10
1.										
9.	109,8	112,0	101,1	105,4	114,3	108,7	107,4	108,0	103,4	111,1
11.	104,4	104,2	103,3	100,9	109,2	100,5	108,0	128,8	110,8	108,9
12.								133,5		
16.	104,3	106,5	105,7	105,4	111,8	102,7	108,5	130,3	108,9	107,6
23.	101,6	101,9	101,9	100,8	114,0	100,4	109,7		103,7	105,8
30.	109,8	103,7	104,3	103,5	110,5	105,7	108,3		105,2	108,9
37.	107,1	108,9	106,4	109,0	117,7	105,1	113,0		106,2	107,6
44.	105,2	108,6	108,1	105,9	120,2	105,2	121,3		106,1	103,9
48.							119,9			
49.							116,9			
51.	102,0	103,2	100,1	100,4	106,3	103,1	108,5		102,9	100,2
58.	108,7	106,1	104,2	100,5	109,0	109,1	108,6		107,1	108,3
65.	109,3	113,5	115,8	104,6	121,1	117,2	122,8		114,4	116,8
72.	109,0	117,5	144,1	111,2	137,0	113,5	152,5		114,1	117,7
75.							157,1			
76.					155,9					
77.					151,0					
78.										
79.	107,3	123,4		108,0		110,5			115,4	115,0
84.		125,1				105,3				
86.	104,6	128,1		103,3		111,1			115,4	106,9

P - Konzentration im Blutplasma
(mmol/l)

Versuchstag	Kontrolle Tier Nr.		Na - Gruppe Tier Nr.		P - Gruppe Tier Nr.				
	2	4	5	1	7	8	3	9	10
1.	3,46	3,33	3,18	3,44	4,02	3,54	4,44	4,04	4,54
9.	4,44	3,74	3,04	3,87	3,77	3,71	8,00	3,81	4,22
11.							9,74		
12.							9,87		
16.	3,41	3,86	3,32	3,29	4,22	3,22		3,80	3,54
23.	3,64	3,81	3,39	3,42	3,94	3,58		3,83	3,99
30.	3,39	3,60	3,19	3,82	3,51	3,46		3,72	3,68
37.	3,31	3,54	3,33	3,80	3,58	3,19		3,80	3,72
44.	3,45	3,73	3,02	3,89	3,55	3,61		3,66	3,51
48.						2,98			
49.						3,02			
51.	3,60	3,42	3,08	3,53	3,41	3,27		3,79	3,87
58.	3,50	3,93	3,22	3,08	3,70	3,15		3,56	3,86
65.	3,13	3,88	3,05	4,07	3,60	3,21		3,46	3,52
72.	3,23	3,82	3,33	3,28	3,30	3,26		3,38	3,64
75.						4,83			
76.				4,57					
77.				5,24					
78.									
79.	3,05	3,08			3,83			3,96	3,08
84.		3,44			3,09				
86.	3,22	3,26			2,90			3,11	3,05

Ca - Konzentration im Blutplasma
(mmol/l)

Versuchstag	Kontrolle Tier Nr.		Na - Gruppe Tier Nr.		P - Gruppe Tier Nr.					
	2	4	5	6	1	7	8	3	9	10
1.	3,21	2,69	3,04	2,98	3,05	2,96	3,16	2,85	2,92	2,81
9.	3,17,	2,99	2,85	2,89	2,98	2,83	3,02	1,76	2,84	2,98
11.								1,90		
12.								2,05		
16.	3,23	3,16	3,16	3,09	3,12	3,21	3,03		3,15	3,03
23.	3,23	2,96	2,97	2,99	2,93	2,82	3,13		3,02	3,22
30.	2,87	3,06	3,05	2,75	3,02	2,77	3,01		3,03	2,95
37.	3,10	2,90	2,99	3,06	3,00	2,91	3,02		2,98	2,78
44.	3,06	2,90	2,95	2,96	2,77	2,74	3,13		3,03	2,95
48							3,04			
49.							3,14			
51.	3,13	2,98	2,94	3,05	2,88	2,98	2,95		3,01	2,80
58.	3,11	3,05	3,00	3,11	2,92	3,00	2,96		3,08	2,79
65.	2,99	3,01	3,13	2,91	3,00	2,91	3,17		3,14	2,90
72.	2,84	2,90	3,10	2,81	3,13	2,85	3,65		2,96	3,09
75.							2,59			
76.					2,86					
77.					2,29					
78.						2,60			3,17	3,03
79.	2,95	2,96		2,95		2,69				
84.		2,78								
86.	2,68	3,01		2,82		2,69			2,96	2,84

Na - Konzentration im Kot
(in % der Trockensubstanz)

Versuchswoche	Kontrolle		Na - Gruppe		P - Gruppe		
	2	3 Tier Nr. 5	6	1 Tier Nr. 7	8	3 Tier Nr. 9	10
1.	0,04	0,15	0,15	0,02	0,02	0,06	0,19
2.	0,03	0,08	0,03	0,05	0,02	0,06	0,10
3.	0,03	0,08	0,06	0,05	0,05	0,04	0,13
4.	0,04	0,15	0,04	0,03	0,07	0,10	0,12
5.	0,04	0,16	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
6.	0,04	0,18	0,05	0,04	0,11	0,19	0,08
7.	0,04	0,09	0,04	0,22	0,06	0,03	0,04
8.	0,02	0,06	0,06	0,02	0,05	0,05	0,05
9.	0,02	0,04	0,04	0,06	0,03	0,06	0,13
10.	0,03	0,32	0,04	0,18	0,03	0,06	0,07
11. +)	0,04	0,09	0,07	0,06		0,07	0,12
12.							

+) Probennahme entfiel

Tab. A. II. 8

K - Konzentration im Kot
(in % der Trockensubstanz)

Versuchs- woche	2	4	Kontrolle Tier Nr. 5	6	Na - Gruppe Tier Nr. 7	8	P - Gruppe Tier Nr. 9	10
1.	0,25	0,21	0,65	0,33	0,17	0,13	0,51	0,30
2.	0,24	0,41	0,53	0,29	0,21	0,19	0,24	0,15
3.	0,15	0,33	0,81	0,22	0,25	0,43	0,23	0,26
4.	0,23	0,34	0,61	0,30	0,19	0,47	0,30	0,19
5.	0,23	0,19	0,44	0,21	0,15	0,12	0,18	0,17
6.	0,13	0,18	0,33	0,21	0,17	0,14	0,25	0,16
7.	0,16	0,22	0,29	0,11	0,24	0,45	0,22	0,25
8.	0,15	0,30	0,61	0,30	0,15	0,39	0,43	0,14
9.	0,18	0,13	0,40	0,12	0,21	0,08	0,29	0,30
10.	0,17	0,35	0,49	0,21	0,51	0,10	0,30	0,28
11. +)								
12.	0,16	0,52		0,28		0,13	0,27	0,21

+) Probenahme entfiel

Trockensubstanz im Frischkot
(%)

Versuchs- woche	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier. Nr.			P - Gruppe Tier Nr.		
	2	4	5	6	1	7	8	3	9 10
1.	33,8	35,1	22,5	39,4	35,8	44,1	32,1	51,2	47,2 35,8
2.	34,1	23,8	31,0	33,9	42,2	36,6	43,9		54,0 46,0
3.	36,9	32,1	26,6	46,8	37,3	24,8	45,6		49,3 39,0
4.	31,9	33,6	37,9	35,5	44,3	23,0	47,9		49,1 46,6
5.	37,2	42,0	30,7	39,4	47,1	44,8	41,6		52,8 45,8
6.	43,8	44,7	36,9	46,1	46,6	45,9	58,1		44,4 45,8
7.	41,0	38,7	42,6	46,1	36,1	20,2	50,0		49,2 43,0
8.	40,3	33,8	22,9	33,9	46,4	31,2	50,0		48,9 45,1
9.	43,0	40,3	30,4	44,8	51,9	48,8	38,0		52,0 39,4
10.	43,2	29,9	44,1	48,8	38,0	46,4	25,4		52,7 44,4
11. +)									
12.	42,4	44,6		41,0		46,3			46,9 45,3

+) Probenahme entfiel

Tab. A. II. 10

Na - Konzentration im Spontanharn
(mmol/l)

Versuchstag	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier Nr.			P - Gruppe Tier Nr.			
	2	4	5	6	1	7	8	3	9	10
1.	45	61	61	35	51	62	9	51	14	44
6.	78	37	122	57	63	90	119	39	51	79
9.	60	71	102	53	78	144	57	18	32	67
13.	37	125	50	129	55	101	93		98	88
16.	64	148	119	78	257	105	160		37	68
20.	92	118	89	71	97	253	48		34	125
23.	80	26	52	83	30	160	53		11	33
27.	82	155	165	190	230	237	238		63	64
30.	6	142	140	100	186	158	241		46	40
34.	153	176	259	95	314	152	336		89	148
37.	148	81	250	121	388	308	436		39	161
41.	204	193	188	211	237	348	372		88	162
44.	109	66	171	106	452	360	340		102	194
48.	98	32	152	71	404	312	342		41	139
51.	102	64	240	72	179	250	368		21	145
55.	55	97	262	131	350	258	414		27	90
58.	169	202	247	112	408	226	370		91	131
62.	306	185	304	195	374	251	304		72	231
65.	207	139	228	157	376	248	332		100	123
69.	124	191	206	92	340	210	259		114	157
83.	32	117		133		257			159	161
86.	146	143		79		265			81	99

K - Konzentration im Spontanharn
(mmol/l)

Versuchstag	Kontrolle Tier Nr.		Na - Gruppe Tier Nr.		P - Gruppe Tier Nr.	
	2	4	1	7	3	9
1.	70	38	27	66	33	84
6.	30	29	31	64	60	91
9.	48	33	106	85	73	140
13.	29	49	63	48		126
16.	63	53	190	84		214
20.	145	102	146	90		150
23.	26	71	41	85		73
27.	19	128	169	75		72
30.	201	84	163	158		78
34.	41	165	189	60		85
37.	93	191	171	53		193
41.	120	116	205	114		134
44.	189	192	72	83		228
48.	40	224	94	74		152
51.	40	92	223	129		52
55.	42	107	157	96		97
58.	42	65	136	144		83
62.	133	135	166	190		35
65.	247	173	153	230		170
69.	254	164	188	199		308
83.	231	178		144		229
86.	180	191		144		206
						131
						153
						162

Cl - Konzentration im Spontanharn
(mmol/l)

Versuchs- tag	2	Kontrolle Tier Nr. 4 5	6	Na - Gruppe Tier Nr. 1 7	8	P - Gruppe Tier Nr. 3 9 10
1.	105,2	89,2	84,4	83,6	103,0	81,2
6.	90,8	78,0	115,2	95,2	181,4	157,2
9.	93,4	95,6	162,2	183,6	161,6	163,0
13.	65,4	190,8	192,4	107,0	127,8	255,0
16.	110,8	197,2	213,8	315,6	180,4	285,4
20.	271,6	307,4	307,4	224,6	243,8	105,8
23.	85,6	104,2	114,2	69,6	334,2	84,4
27.	98,6	257,8	276,0	270,4	253,0	144,6
30.	168,8	257,4	247,6	334,4	400,2	122,6
34.	191,4	342,0	243,6	443,0	251,2	224,0
37.	260,0	311,4	376,2	528,6	236,4	266,6
41.	350,2	365,2	414,4	425,2	451,0	408,4
44.	279,2	279,4	307,6	576,8	561,4	331,2
48.	137,8	269,2	339,8	553,2	434,4	330,6
51.	127,4	135,4	413,0	532,2	532,2	110,6
55.	86,4	213,8	121,4	428,8	392,6	142,4
58.	204,6	289,4	202,4	549,8	583,2	77,4
62.	380,6	338,2	213,2	394,6	608,6	301,2
65.	408,2	303,2	333,8	575,2	409,1	445,6
69.	370,8	366,0	319,0	535,1	577,0	373,4
83.	209,9	284,8	439,1	522,9	512,1	321,0
86.	239,4	300,6	353,6	549,5	501,0	301,0
				423,6	425,1	297,6
				371,8		287,2

Kreatinin - Konzentration
($\frac{\text{mmol}}{\text{l}}$)

Versuchstag	Kontrolle		Na - Gruppe		P - Gruppe	
	2	4	1	Tier Nr. 7	3	Tier Nr. 9 10
1.	4,6	2,4	3,0	5,4	1,6	10,8
6.	1,8	1,0	1,8	3,0	4,6	8,2
9.	2,8	2,0	4,0	3,6	8,6	8,0
13.	2,0	2,8	2,4	2,4		6,4
16.	4,2	4,0	9,2	4,8		14,2
20.	7,0	5,4	8,6	7,8		4,0
23.	2,4	8,0	2,0	9,2		6,4
27.	3,0	13,2	23,8	9,4		2,4
30.	18,8	7,0	11,6	4,6		17,8
34.	5,6	14,0	16,2	5,2		17,4
37.	13,0	16,2	20,0	15,2		16,2
41.	14,2	16,6	22,4	13,2		17,4
44.	19,4	24,4	17,2	12,4		18,0
48.	5,2	18,6	17,6	8,2		23,4
51.	3,4	3,8	23,8	10,8		5,0
55.	3,8	8,2	22,8	8,2		5,6
58.	7,2	8,8	11,0	12,4		2,2
62.	21,8	15,0	17,6	26,4		9,2
65.	28,8	17,2	17,0	18,4		17,2
69.	20,2	14,2	15,0	19,4		17,4
83.	17,2	15,0		15,8		19,4
86.	17,4	10,8		15,4		9,2
						11,6
						12,2
						7,2
						6,6
						3,0
						5,2
						14,0
						8,6
						6,0
						8,4
						8,8
						11,8
						11,6
						12,4
						9,6
						9,4
						7,8
						4,2
						10,2
						12,8
						13,8
						17,0
						13,8

pH - Wert im Spontanharn

Versuchstag	Kontrolle Tier Nr.			Na - Gruppe Tier Nr.			P - Gruppe Tier Nr.		
	2	4	5	6	1	7	8	3	9 10
1.	5,40	5,66	5,49	5,51	5,73	5,67	5,94	5,54	5,44
6.	5,83	5,71	5,66	5,78	6,44	5,44	5,65	5,97	5,64
9.	5,78	5,88	5,79	5,74	5,68	5,58	5,84	5,65	5,80
13.	5,48	5,59	5,63	5,79	5,49	5,56	5,71	5,65	5,77
16.	5,34	5,75	5,67	5,69	5,68	5,54	5,72	5,61	5,97
20.	5,57	5,58	5,64	5,76	5,67	5,59	5,82	5,55	5,53
23.	5,70	5,85	5,54	5,84	5,49	5,38	5,62	5,50	5,55
27.	5,43	5,73	5,52	5,55	5,81	5,46	5,67	5,54	5,64
30.	5,51	5,38	5,33	5,59	5,56	5,43	5,91	5,54	5,52
34.	5,39	5,69	5,37	5,68	5,78	5,52	5,94	5,83	5,67
37.	5,31	5,71	5,43	5,59	6,02	5,84	6,17	5,67	5,51
41.	5,33	5,76	5,75	5,61	5,99	5,70	6,35	5,67	5,62
44.	5,48	5,79	5,55	5,61	6,06	5,41	6,16	5,78	5,47
48.	5,32	5,81	5,74	5,45	6,08	5,24	6,11	5,60	5,43
51.	5,39	5,70	5,39	5,72	5,85	5,44	6,17	5,44	5,33
55.	5,33	5,51	5,47	5,65	5,75	5,35	5,83	5,48	5,57
58.	5,39	5,60	5,42	5,68	5,97	5,54	5,82	5,44	5,44
62.	5,43	5,77	5,51	5,39	6,10	5,26	5,82	5,45	5,60
65.	5,53	5,90	5,67	5,55	6,05	5,60	5,98	5,73	5,89
69.	5,40	5,91	6,03	5,69	6,05	5,56	5,98	5,79	6,14
83.	5,49	5,96	5,73	5,73	5,51	5,74	6,10	5,49	5,82
86.	5,39	5,70	5,39	5,58	5,37	5,37	5,37	5,38	5,73

Tab. A. II. 16

Na/Kreatinin(Kr) - Quotienten im Spontanharn
Gruppenmittelwerte / Woche
(mmol/l : mmol/l)

Versuchs- woche	Kontrolle		Na - Gruppe		P - Gruppe	
	Tier- zahl	Na/Kr	Tier- zahl	Na/Kr	Tier- zahl	Na/Kr
VB a)	4	16,72	3	9,79	3	13,10
1.	4	31,01	3	32,11	3	9,18
2.	4	25,39	3	25,02	2	9,93
3.	4	19,03	3	21,37	2	7,57
4.	4	14,80	3	18,75	2	9,93
5.	4	11,55	3	20,87	2	8,54
6.	4	8,18	3	20,27	2	10,64
7.	4	12,83	3	20,86	2	11,34
8.	4	16,07	3	26,11	2	14,11
9.	4	11,79	3	17,04	2	9,23
10. a)	4	9,20	3	16,49	2	7,56
11. b)						
12.	3	7,56	1	16,74	2	11,02

Tab. A. II. 17

K/Kreatinin(Kr) - Quotienten im Spontanharn
Gruppenmittelwerte / Woche
(mmol/l : mmol/l)

Versuchs- woche	Kontrolle		Na - Gruppe		P - Gruppe	
	Tier- zahl	K/Kr	Tier- zahl	K/Kr	Tier- zahl	K/Kr
VB a)	4	15,40	3	11,09	3	13,59
1.	4	20,04	3	20,75	3	14,72
2.	4	16,35	3	18,63	2	15,65
3.	4	17,06	3	16,66	2	15,76
4.	4	11,02	3	9,72	2	18,51
5.	4	9,98	3	8,76	2	9,59
6.	4	9,81	3	6,61	2	10,96
7.	4	13,23	3	7,94	2	12,50
8.	4	9,56	3	10,32	2	13,64
9.	4	9,58	3	10,46	2	13,80
10. a)	4	10,97	3	11,40	2	11,31
11. b)						
12.	3	13,38	1	9,23	2	14,10

a) Zur Berechnung des Gruppenmittelwertes wurde nur ein Wert/Tier herangezogen.

b) Probenahme entfiel.

Tab. A. II. 19

P/Kreatinin(Kr) - Quotienten im Spontanharn

Gruppenmittelwerte / Woche

(mmol/l : mmol/l)

Versuchs- woche	Kontrolle		Na - Gruppe		P - Gruppe	
	Tier- zahl	P/Kr	Tier- zahl	P/Kr	Tier- zahl	P/Kr
VB a)	4	7,12	3	3,32	3	5,67
1.	4	6,87	3	3,28	3	6,44
2.	4	6,85	3	7,02	2	6,88
3.	4	8,32	3	5,71	2	5,09
4.	4	6,15	3	4,31	2	4,48
5.	4	6,09	3	3,41	2	3,77
6.	4	4,38	3	3,36	2	3,92
7.	4	6,54	3	4,62	2	4,05
8.	4	6,04	3	3,27	2	3,40
9.	4	5,74	3	3,07	2	3,76
10. a)	4	4,57	3	2,77	2	3,86
11. b)						
12.	3	4,55	1	9,17	2	7,72

Tab. A. II. 19

Cl/Kreatinin(Kr) - Quotienten im Spontanharn

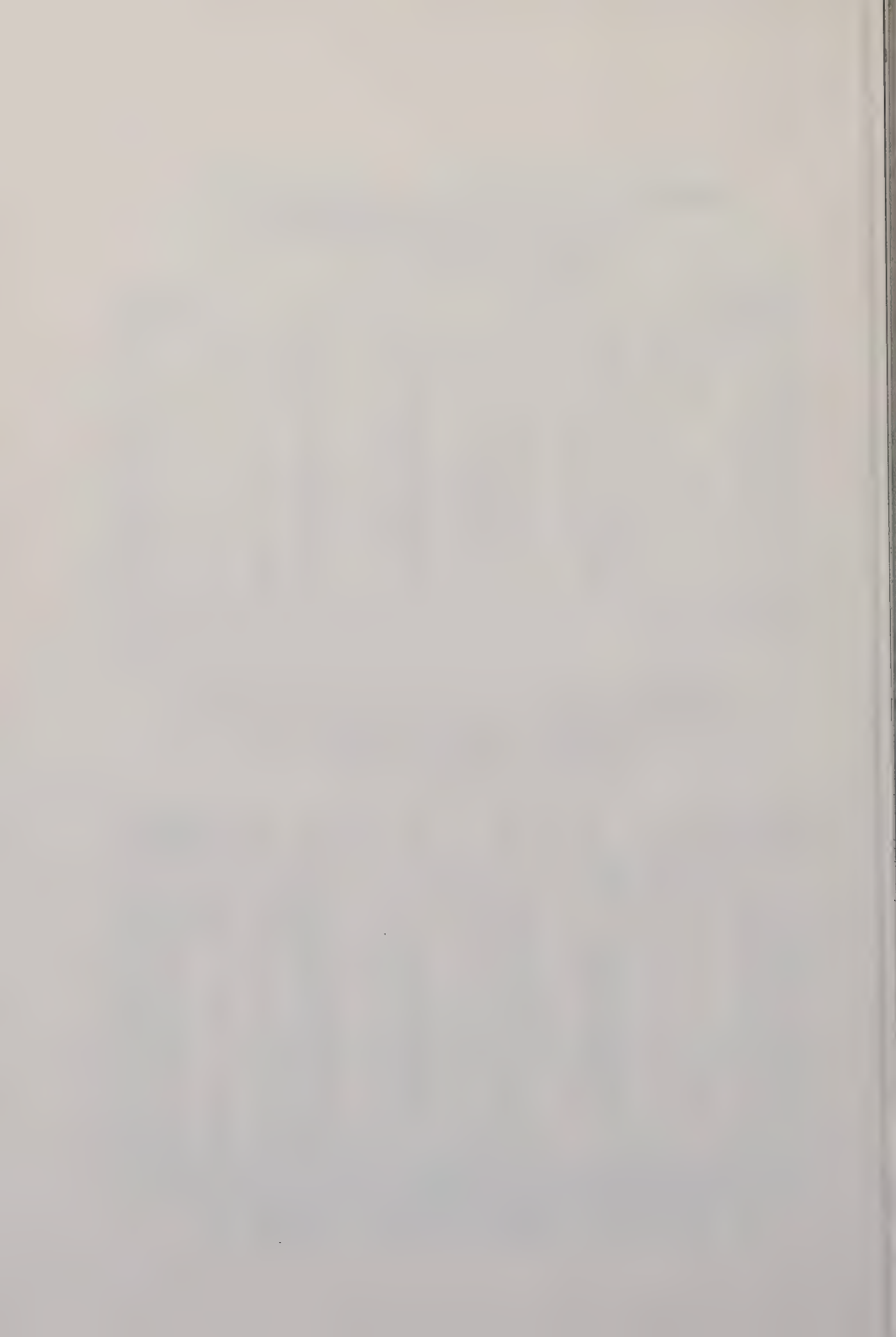
Gruppenmittelwerte / Woche

(mmol/l : mmol/l)

Versuchs- woche	Kontrolle		Na - Gruppe		P - Gruppe	
	Tier- zahl	Cl/Kr	Tier- zahl	Cl/Kr	Tier- zahl	Cl/Kr
VB a)	4	28,34	3	19,01	3	24,37
1.	4	50,63	3	52,28	3	23,51
2.	4	43,06	3	37,43	2	30,01
3.	4	37,15	3	38,54	2	24,03
4.	4	25,76	3	30,86	2	30,35
5.	4	21,47	3	30,67	2	19,93
6.	4	18,14	3	28,48	2	25,63
7.	4	25,04	3	31,47	2	28,07
8.	4	25,17	3	39,98	2	32,20
9.	4	20,02	3	27,60	2	26,04
10. a)	4	20,60	3	29,80	2	18,72
11. b)						
12.	3	20,89	1	25,57	2	27,26

a) Zur Berechnung des Gruppenmittelwertes wurde nur ein Wert/Tier herangezogen.

b) Probenahme entfiel.



Herrn Prof. Dr. J. Gropp möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas und für seine hilfs - bereite Unterstützung und Anleitung bei der vorge - legten Arbeit besonders danken.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. K. König für seine Unter - stützung bei der Durchführung der Versuche.

LEBENS LAUF

Am 1.4.1953 wurde ich, Konrad Renner, als Sohn des damaligen Landgerichtsrates und späteren Landgerichtspräsidenten Karl L. Renner und seiner Ehefrau Liselotte, geb. Steidle, in München geboren.

Nach 4jähriger Volksschulzeit an der Dom- Pedro- Schule in München besuchte ich von 1963 bis 1972 das Wittelsbacher - Gymnasium in München, an dem ich 1972 das Abitur ablegte.

Von Juli 1972 bis September 1973 leistete ich bei der Bundeswehr meinen Wehrdienst ab.

Zum Wintersemester 1973 immatrikulierte ich mich an der Technischen Universität München für das Studium der Chemie. Nach 2 Semestern wechselte ich auf die Ludwig - Maximilians - Universität München und immatrikulierte mich zum Wintersemester 1974 für das Studium der Tiermedizin. Hier bestand ich im Dezember 1979 das Staatsexamen und erhielt am 11.2. 1980 meine Approbation.

